

11e ANNÉE. JANVIER-FÉVRIER 1922. N° 1.

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE PUBLIÉ PAR LES SOINS
D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.

PARAISSANT TOUS LES 2 MOIS.



LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE.
3 RUE THENARD, PARIS Ve.

COMMISSION DES ANNALES

DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

AVIS.

Les manuscrits adressés aux *Annales* sont soumis à l'examen d'une Commission dite *Commission des Annales des Postes et Télégraphes.*

Cette Commission se réunit à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, 20, rue Las Cases, Paris, VIIe.

Membres de la Commission :

M. DENNERY, Inspecteur Général, Directeur de l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, Président.

M. A. BLONDEL, Membre de l'Institut, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

Le Général FERRIÉ, Inspecteur Général de la Télégraphie Militaire, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

M. ABRAHAM, Professeur à la Sorbonne, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

M. GUTTON, Professeur à la Faculté des sciences de Nancy, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

Les Directeurs du Personnel, de l'Exploitation Télégraphique et de l'Exploitation Postale à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes.

M. MILON, Professeur à l'École Supérieure, Directeur de l'Exploitation Téléphonique.

M. POMEY, Professeur à l'École Supérieure, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

M. FERRIÈRE, Professeur à l'École Supérieure, Directeur des Postes et Télégraphes du département de la Seine.

M. AUGIER, Ingénieur en Chef des Postes et Télégraphes.

M. DIANO, Directeur des Postes et Télégraphes.

M. SAUNIER, Chef de bureau à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes.

M. REYNAUD-BONIN, Professeur à l'Ecole Supérieure, Ingénieur des Postes et Télégraphes.

M. VALENSI, Professeur à l'École Supérieure, Ingénieur des Postes et Télégraphes.

MM. TAFFIN, Directeur des Postes et Télégraphes, CAUCHIE, Inspecteur des Postes et Télégraphes, et LAVOIGNAT, Contrôleur des Postes et Télégraphes, Secrétaires.

M. PAULY, Rédacteur des Postes et Télégraphes, Secrétaire-adjoint.

NOTA : La *Commission des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

TABLE DES MATIÈRES.

Stech.
Aug.
6-6-1923

Augmentation du rendement des câbles sous-marins

PAR L'EMPLOI DE LAMPES AMPLIFICATRICES

par M. E. MONTORIOL
Inspecteur des Postes et Télégraphes.

Considérations générales. — Depuis quelque temps, le trafic, sur le câble Brest-Dakar, a augmenté dans des proportions telles que l'Administration a dû envisager la pose d'un second conducteur, pour suppléer le premier, à la veille de devenir insuffisant.

L'énormité de la dépense à engager, qui, dans les conditions actuelles, ne serait pas inférieure à une cinquantaine de millions, donnait un intérêt particulier à la recherche d'un moyen d'augmenter le rendement du câble existant, et de lui permettre ainsi d'assurer à lui seul, pendant une durée assez longue, cette importante communication. Le Service d'Études et de Recherches Techniques prit immédiatement cette initiative, et il vient de réaliser une installation qui, pour l'instant, procure une amélioration brute de 25 à 30 % sur le rendement actuel. Il y a, là, une belle marge d'avenir, au cours de laquelle on pourra poursuivre les recherches et, peut-être, augmenter cette majoration, c'est-à-dire reculer davantage encore l'échéance à partir de laquelle la pose d'un nouveau câble s'imposera définitivement.

Avant d'entrer dans la description de cette installation, il est nécessaire de rappeler brièvement les conditions d'exploitation des câbles sous-marins, et les difficultés spéciales qu'on y rencontre.

La grande capacité kilométrique de ces conducteurs leur donne, lorsqu'ils atteignent quelque longueur, des constantes de temps considérables : c'est ainsi qu'un câble Marseille-Alger (900 km environ) a une constante de 0s 75, tandis qu'un fil identique, mais aérien, n'aurait guère plus de 0s 02. Sur le

câble Brest-Dakar (4.500 km, $C = 1105 \mu F$, $R = 5200$ ohms) on trouve une constante de $5^s 74$, et enfin, sur le câble Brest-New-York, on arrive tout près de 8 secondes. On conçoit que, dans ces conditions, si l'on veut que la transmission atteigne une vitesse admissible, on doit faire usage de courants extrêmement faibles, dont les maxima se tiennent aussi éloignés de l'état stable que le permet la sensibilité des appareils récepteurs.

Le code employé est celui du Morse, mais avec cette particularité que les éléments de signaux, points et traits, sont différenciés, non plus par la longueur, mais par le sens du courant qui les produit : les traits, transmis avec le pôle négatif, ont la même durée que les points, émis à l'aide du positif ; en outre, chaque émission est suivie d'une mise à la terre, pendant un temps égal au tiers, environ, de sa durée. Les signaux sont transmis, soit à la main, soit automatiquement à l'aide d'une bande préalablement perforée.

Le galvanomètre à miroir de Thomson, primitivement employé comme récepteur, est maintenant remplacé par l'*enregistreur à siphon*, qu'on dénomme aussi sous son nom anglais de *siphon recorder*, et qui n'est d'ailleurs qu'une modification du premier : le cadre est formé d'une bobine de faibles dimensions, mobile dans le champ d'un aimant permanent très puissant, et qui, par son mouvement, détermine les déplacements d'un siphon capillaire extrêmement léger. La bobine est suspendue par un système unifilaire ou bifilaire, qu'on peut brider plus ou moins, de manière que la période d'oscillation de l'ensemble ait une durée sensiblement plus courte que celle qui correspond à une émission de courant. L'appareil ainsi monté est d'une très grande sensibilité : une intensité de 50 à 60 microampères suffit pour dévier l'extrémité du siphon de 2 à 3 mm. Le siphon puise de l'encre dans un récipient fixe, et, grâce à un mouvement vibratoire qui lui est communiqué, la crache sur le papier, sous la forme de petits points juxtaposés ; il ne frotte donc pas sur la bande, qui se déroule au-dessous de lui d'un mouvement continu, et il conserve ainsi toute sa mobilité. Quand la bobine n'est parcourue par aucun courant, la trace laissée sur la bande est sensiblement droite et

occupe la médiane ; lorsque des courants parviennent de la ligne, les déviations de la bobine, dans un sens ou dans l'autre, déterminent un tracé sinueux, dont les sommets correspondent aux points ou aux traits, suivant qu'ils se trouvent respectivement vers le bord d'arrière ou vers celui d'avant.

Sur un câble de faible longueur, le mot Marseille serait tracé à peu près comme l'indique la partie supérieure de la figure 1 : les deux traits de « M » sont représentés par deux élongations vers le bord inférieur de la bande ; le tracé rectiligne, juste sur la médiane, indique la séparation entre cette lettre et la suivante : celle-ci est formée de deux élongations : l'une vers le haut, l'autre vers le bas, et ainsi de suite. Mais, au fur et à mesure qu'on augmente la longueur du câble, la décharge, entre deux courants consécutifs de même sens, est de plus en plus incomplète, les sommets sont de moins en moins accusés et bientôt ils disparaissent complètement, comme le montre la partie inférieure de la figure 1 ; celle-ci reproduit fidèlement le même mot, reçu à Brest de Dakar : les deux traits de « M » ne forment

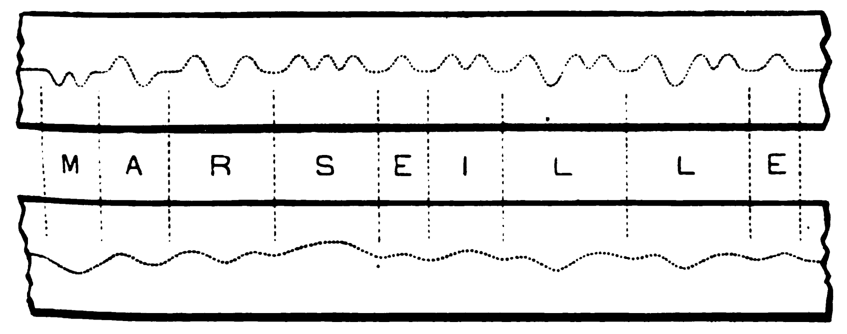


Fig. 1.

plus qu'une seule élongation, de même que les trois points de « S » et les deux de « I ». Si l'on compare ces trois lettres, S, I et E, on voit qu'elles ne diffèrent que par la longueur du palier, ce qui rend la lecture extrêmement difficile, puisque l'opérateur doit mesurer, en quelque sorte, cette longueur, pour évaluer le nombre de points qu'on lui a transmis dans chacun des trois cas.

Cette difficulté est encore accrue par ce fait que, la décharge se faisant trop lentement, le siphon ne revient plus à la médiane entre deux lettres consécutives : par exemple, entre le dernier négatif de « M » et le premier positif de « A », le siphon s'est déplacé sans marquer le moindre arrêt à la médiane, et a tracé une ligne oblique sensiblement droite, tout comme entre le trait et le dernier point de « R », sauf que cette dernière ligne est plus redressée que la précédente ; c'est uniquement cette différence d'inclinaison qui indique à l'agent traducteur un intervalle dans le premier cas, et deux éléments d'une même lettre dans le second.

Lorsque le premier courant d'une lettre est de même polarité que le dernier de la lettre précédente, ce qui est le cas pour toutes celles du mot Marseille, à partir de « R », le siphon n'indique la séparation que par un simple fléchissement ; on remarquera que cette inflexion est à peine appréciable entre « L » et « E » : cela tient à ce que les lettres précédentes sont formées presque exclusivement de positifs, et que la charge résiduelle du câble s'est accrue dans ce sens. Cela indique aussi qu'on a atteint la limite de vitesse permise par le conducteur, et que la moindre déformation accessoire rendrait le signal intraduisible. Il importe d'autant plus de ne pas aller au delà que la plupart des télégrammes, empruntant les câbles sous-marins, sont rédigés suivant un code conventionnel, et forment seulement des groupes de lettres imprononçables ; par suite, l'agent réceptionnaire n'a pas la ressource, que donne le langage clair, de deviner une lettre mal formée, et toute irrégularité dans le tracé entraîne inévitablement, soit une demande de répétition, soit, ce qui est plus grave, une transcription erronée. On perdrait ainsi, et au delà, le bénéfice d'une augmentation de la vitesse. Cette limite correspond, sur le câble Brest-Dakar, à 380 émissions (95 lettres) par minute.

Si l'on veut cependant arriver à dépasser ce chiffre, il faut, tout d'abord, augmenter la netteté des signaux reçus, c'est-à-dire *réduire la charge du conducteur et accélérer sa décharge*. Dans ce but, on a, tout d'abord, ramené de 30 à 20 volts la tension

de la batterie de transmission, puis on a placé, à l'arrivée, un dispositif de décharge, ou *shunt magnétique*, dont le rôle est comparable à celui de la bobine Godfroy ; ce shunt se compose d'une self-induction et d'une résistance ohmique, toutes deux réglables, de sorte qu'on peut donner à l'ensemble la constante de temps qui convient exactement à la vitesse avec laquelle les signaux se succèdent.

La diminution du voltage de transmission et la dérivation, placée à l'arrivée, concourent à rendre les signaux microscopiques, et, par suite, illisibles : un amplificateur est donc nécessaire pour les ramener à l'amplitude requise ; en réalité, c'est seulement lorsque ce dernier appareil a été placé sur la ligne qu'on a pu utilement procéder aux deux premières opérations et, en particulier, au réglage du shunt magnétique.

Amplificateurs à lampes. — Il existe, à l'étranger, quelques types de *relais amplificateurs* ; outre que leur prix de revient est extrêmement élevé, ils sont d'un fonctionnement très délicat et ne peuvent être confiés qu'à des agents particulièrement spécialisés. On doit donc leur préférer l'*amplificateur à lampes*.

La lampe à trois électrodes est trop connue pour qu'il soit nécessaire d'en donner une description complète ; il suffira d'en rappeler les principes généraux et, tout spécialement, ceux qui pourront concourir à la clarté de ce qui va suivre.

On porte le filament, F (fig. 2), à l'incandescence au moyen d'une batterie de 4 volts, B, et on relie la plaque, P, au pôle positif d'une batterie, B′, d'une tension supérieure à celle de la batterie de chauffage, B. Dans ces conditions, si la grille, G, n'existait pas, les électrons, émis par le filament incandescent, se dirigeraient vers la plaque, en suivant les lignes de force du champ électrique, et il se produirait un courant permanent dans le circuit filament-plaque.

La grille, interposée entre le filament et la plaque, a pour objet de créer un champ électrique qui, en se superposant au premier, devient susceptible de modifier le nombre des électrons qui atteignent la plaque et, par suite, de faire varier l'intensité dans le circuit filament-plaque. Si, par exemple, une tension

appliquée à la grille, est fortement négative par rapport à celle du filament, toutes les lignes de force du champ électrique partant du filament et de la plaque vont se concentrer sur la grille, aucun électron n'est émis et il ne passe aucun courant, ni dans le circuit filament-grille, ni dans celui filament-plaque. Dès que la grille devient assez faiblement négative par rapport au filament, quelques électrons peuvent traverser la grille et on constate, dans le milliampèremètre, M, un faible courant, tandis que l'autre, M′, placé dans le circuit filament-grille, reste à zéro. Au

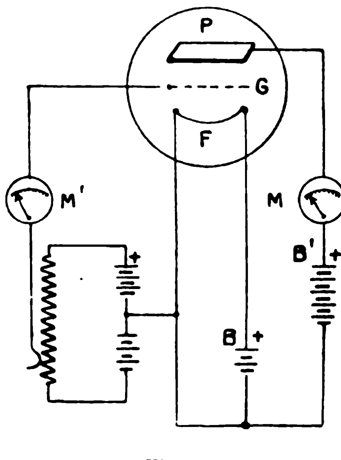


Fig. 2.

fur et à mesure qu'on élève le potentiel de la grille, le courant filament-plaque augmente d'intensité et, en outre, un courant s'établit dans le circuit filament-grille. Enfin, si l'on rendait la grille positive par rapport à la plaque, elle intercepterait un nombre de plus en plus grand d'électrons, le courant filament-plaque cesserait de s'accroître puis diminuerait progressivement, tandis que le courant filament-grille irait en augmentant. En d'autres termes, la grille joue, entre le filament et la plaque, le rôle d'un clapet qui, depuis la fermeture hermétique jusqu'à l'ouverture complète, peut occuper toutes les positions intermédiaires, suivant la tension à laquelle elle est portée.

L'ensemble de ces phénomènes est montré par la figure 3, dans

laquelle on a porté en abscisses les tensions de la grille par rapport au filament, et en ordonnées les intensités qui parcourent les circuits filament-plaque et filament-grille. La courbe caractéristique, que l'on obtient ainsi, dépend de la nature des électrodes, de la distance qui les sépare, du degré de vide obtenu dans l'ampoule, du chauffage du filament et aussi du potentiel appliqué à la plaque ; cela revient à dire qu'on trouve des courbes différentes, non seulement suivant les types de lampes, mais encore, pour un type donné, suivant qu'on force plus ou moins le chauffage ou la tension de la plaque.

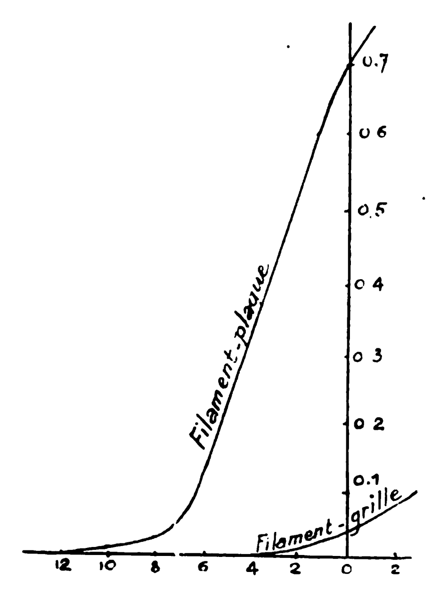


Fig. 3.

On peut résumer de la façon suivante les effets qui résultent des variations de ces deux derniers facteurs :

A. Si l'on augmente le chauffage :

1° le début du courant de plaque correspond, à peu de chose près, à la même tension de la grille ;

2° l'intensité du courant de plaque augmente pour une même tension appliquée à la grille ;

3° la saturation est atteinte pour une tension plus élevée de la grille ;

4° si l'augmentation du chauffage procure une amplification plus grande, elle a aussi pour effet d'abréger considérablement la durée des lampes, aussi doit-on éviter de dépasser, pour les lampes françaises, l'intensité de $0^{A},65$.

B. Si l'on augmente la tension de la plaque :

1° le début du courant de plaque se manifeste pour des tensions de plus en plus basses de la grille (fig. 4) ;

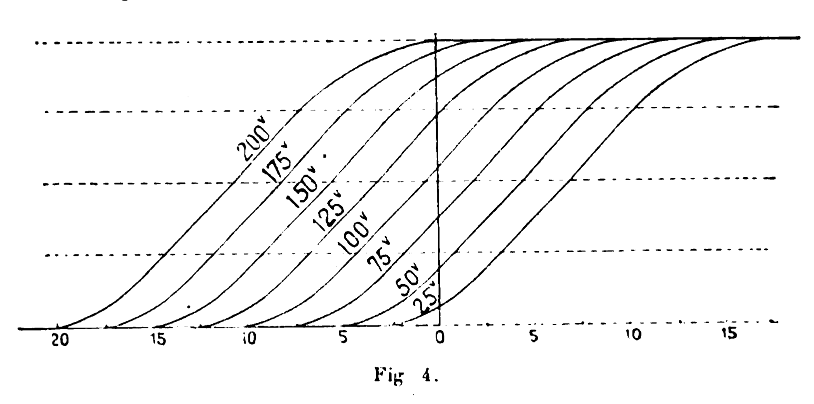


Fig 4.

2° la courbe caractéristique se déplace, sans se déformer, vers les abscisses négatives ;

3° le chauffage n'étant pas modifié et, par suite, le nombre d'électrons émis par le filament restant le même, l'intensité du courant de saturation ne varie pas.

De l'ensemble de ces constatations, il résulte que la tension de plaque produisant la saturation doit être d'autant plus élevée que la température du filament est plus grande.

Quoi qu'il en soit, le rôle de clapet, joué par la grille, fait de cette lampe un relais d'une sensibilité, d'une rapidité et d'une fidélité parfaites, d'une part, parce qu'étant dépourvu de tout organe mécanique, il n'oppose ni inertie, ni frottement ; d'autre part, parce que, si on choisit le point de fonctionnement dans la partie rectiligne de la courbe caractéristique, les intensités, dans le circuit de plaque, varient proportionnellement aux variations du potentiel de la grille : les signaux, venant d'une ligne reliée à la grille seront donc reproduits sans aucune déformation ; ils seront, en outre, amplifiés : en effet, dans la région où on fait travailler la

lampe, le courant filament-grille reste extrêmement faible ; les variations du potentiel de la grille peuvent donc être obtenues avec de très petites quantités d'énergie, tandis que les variations du courant de plaque, qui leur correspondent, sont, proportionnellement, très importantes.

Montage de l'enregistreur. — Lorsque le récepteur est un téléphone, par exemple, on peut l'insérer purement et simplement dans le circuit de plaque : il reste insensible au courant permanent qui circule dans les intervalles de repos et décèle, au contraire, toutes les variations d'intensité provenant des changements du potentiel de la grille. Il n'en va pas de même avec l'enregistreur, auquel les deux sens de courant sont nécessaires pour tracer les points et les traits, et qui ne doit recevoir aucun courant dans les intervalles. Or, comme on vient de le voir, le circuit de plaque est constamment parcouru par un courant, dont l'intensité est fixe pendant les périodes de repos, et variable, mais *toujours de même sens*, lorsqu'on reçoit des signaux sur la grille. Quelques artifices, qui vont être indiqués, permettent de tourner cette difficulté :

Le plus simple est celui que représente la figure 5 : le conducteur du câble est amené à la grille, G ; une résistance, R′, égale ou supérieure à celle de la ligne et reliée à la terre (prise sur l'armature du câble) assure la décharge de celui-ci ; le filament, F, est chauffé à l'aide d'une batterie de 4 volts, B ; entre la plaque, P, et la batterie de plaque, B′, on intercale une résistance, R, de l'ordre de celle de la lampe, 80.000 ohms, par exemple ; enfin on place l'enregistreur, E, en dérivation entre le point O et le point commun ; un condensateur, C, de 10 μF, environ, intercepte le courant permanent qui, sans lui, s'établirait dans le circuit dérivé. A l'état de repos, le condensateur, C, est chargé au potentiel du point O, aucun courant ne parcourt l'enregistreur et le siphon reste sur la médiane de la bande. Si, maintenant, le câble amène à la grille un potentiel positif (réception d'un point) le courant qui parcourt le circuit de plaque augmente d'intensité, la chute de tension, RI, dans la résistance, R, augmente proportionnellement : le potentiel au

point O se trouve abaissé et n'équilibre plus celui du condensateur : ce dernier se décharge partiellement et il en résulte, dans le récepteur, un courant qui porte le siphon vers le bord arrière de la bande. Dès que le signal est terminé, le potentiel de la grille s'abaisse, celui de O s'élève, par suite de la diminution du courant filament-plaque, le condensateur se recharge et le courant qui parcourt l'enregistreur, étant inverse du premier, ramène le siphon à la médiane. De même, lors de l'arrivée d'un négatif (réception d'un trait), le courant filament-plaque diminue, le potentiel au point O s'élève et la charge supplémentaire du condensateur, C, engendre un courant qui porte le siphon vers le bord antérieur de la bande ; et inversement lors de la cessation du signal.

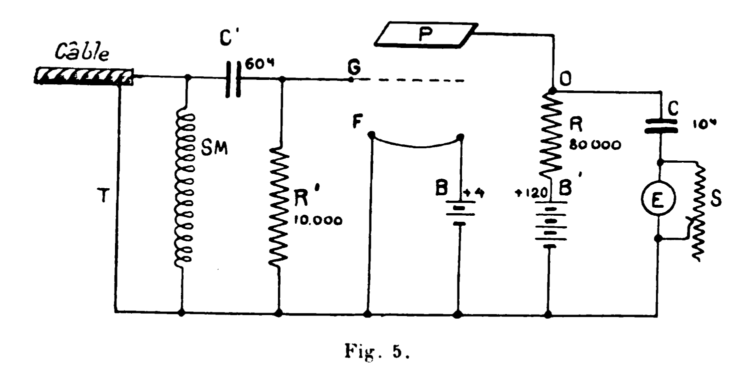


Fig. 5.

Le condensateur, C, contribue ici à donner plus de netteté aux signaux ; en effet, si l'on examine la seconde bande de la figure 1, on voit qu'après chaque émission, le courant de décharge, de même sens que le courant principal, retient, en quelque sorte, le siphon, et l'empêche de revenir vers la médiane ; au contraire, avec le dispositif de la fig. 5, lorsqu'après une élévation, le potentiel, en O, revient à sa valeur primitive, le condensateur commence à se décharger aussitôt que commence la variation du potentiel : le courant *inverse*, qui parcourt alors l'enregistreur, tend à ramener plus rapidement le siphon et, en particulier, la fin des mots est mieux accusée, ce qui rend la lecture plus facile et plus sûre.

Il reste cependant une condition essentielle à remplir, pour obtenir une formation correcte des signaux : c'est de choisir convenablement la tension de la batterie de plaque et la valeur ohmique de la résistance, R. D'une part, on tient compte de ce que les variations de la chute de tension dans le rhéostat seraient maxima si on lui donnait une résistance égale à celle du circuit filament-plaque ; mais, comme cette dernière varie considérablement avec le chauffage, on prend une valeur moyenne, 80.000 ohms, par exemple. D'autre part, le potentiel ainsi amené à la plaque doit donner une caractéristique telle que l'axe des intensités (v à la grille $= o$) coupe la partie rectiligne de la courbe juste en son point milieu (v. fig. 4) : on obtiendra ainsi, pour des variations égales du potentiel de la grille, de part et d'autre de cet axe, des variations égales de l'intensité du courant de plaque ; à cette condition, les élongations du siphon seront de même amplitude pour les points et pour les traits. On conçoit qu'il n'en serait pas ainsi si l'axe coupait la courbe près de la partie concave du bas : les points seuls seraient amplifiés ; et inversement si l'intersection se trouvait près de la partie convexe du haut. Avec la lampe française, cette importante condition est satisfaite si l'on intercale une résistance de 80.000 ohms sur une batterie de 120 volts.

Le dispositif qui vient d'être décrit a l'avantage d'être extrêmement simple, et il est recommandable pour les câbles de moyenne longueur, tels que Brest-Casablanca (CR = 1,67) ; toutefois sur les très longs câbles, Brest-Dakar, par exemple (CR = 5,74), lorsqu'on atteint la vitesse de 460 ou 480 émissions par minute, les signaux commencent à s'empâter, malgré le dispositif de décharge, et il se produit le phénomène suivant : si l'on reçoit une lettre formée de plusieurs émissions de même polarité, "S", par exemple, la première donne lieu, dans le circuit de l'enregistreur, à une certaine intensité, qui écarte le siphon d'un angle normal ; la seconde, insuffisamment séparée de la précédente, trouve le condensateur en partie chargé, et le mouvement électrique qu'elle provoque est moins intense ; de même pour la troisième par rapport à la seconde ; il en résulte que le palier (v. fig. 1) au lieu de rester sensiblement parallèle à la médiane, et

même plutôt un peu ascendant, s'affaisse progressivement vers celle-ci : la fin du signal est moins nettement marquée et la traduction devient précaire.

Il faut donc favoriser la décharge du condensateur, pour obtenir que le mouvement électrique, dans l'enregistreur, soit le même à chaque émission reçue du câble. On atteint ce résultat en shuntant le condensateur d'une résistance, S′ (fig. 6) de 35 à 40.000 ohms. Mais, dans ces nouvelles conditions, un courant permanent circulerait dans l'enregistreur, si on ne lui faisait obstacle à l'aide d'une contre-batterie, B″, en opposition avec la batterie de plaque, B′ ; un potentiomètre permet de la régler de manière que l'équilibre soit parfait et que le siphon reste à la médiane comme si le shunt, S′, n'existait pas.

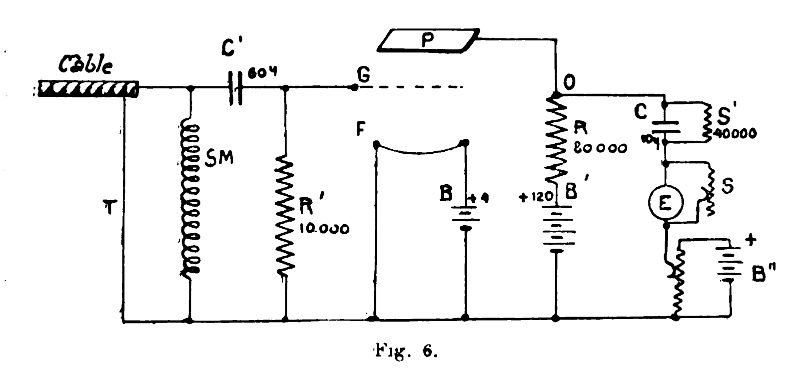


Fig. 6.

Il y a intérêt à conserver le condensateur, pour les raisons indiquées plus haut ; dans le même ordre d'idées, il est avantageux de donner au shunt une résistance élevée, afin que l'action des courants de charge et de décharge du condensateur soit toujours prépondérante, par rapport aux courants continus qui circulent par le shunt pendant les variations du potentiel en O.

Ce second dispositif donne toute satisfaction au point de vue de la netteté des signaux ; il présente, toutefois l'inconvénient d'augmenter le nombre déjà grand des accumulateurs que nécessite une installation ; en outre, chaque fois que, pour les besoins du réglage, on modifie la résistance, soit du shunt, S, de l'enregistreur, soit de celui, S′, du condensateur, on est amené à réé-

quilibrer le circuit, en agissant sur le potentiomètre de la contre-batterie, B″. Pour ces raisons, on a donné la préférence à un troisième dispositif, que représente la figure 7 : on constitue un pont de Wheatstone, dont la tête est au pôle positif de la batterie de plaque, B′ ; deux branches latérales sont représentées par la résistance, R, et le circuit filament-plaque de la lampe ; les deux autres branches par deux rhéostats réglables, *r* et *r′* ; enfin, dans la diagonale OO′, on place le condensateur, C, et l'enregistreur, E : lorsque le pont a été équilibré à la façon ordinaire, on peut agir à volonté sur l'un ou l'autre shunt, S ou S′, sans modifier la position de la médiane tracée sur la bande par le siphon. Il est seulement nécessaire de régler, au préalable, le chauffage du filament, car on déséquilibrerait le pont si on le modifiait ultérieurement.

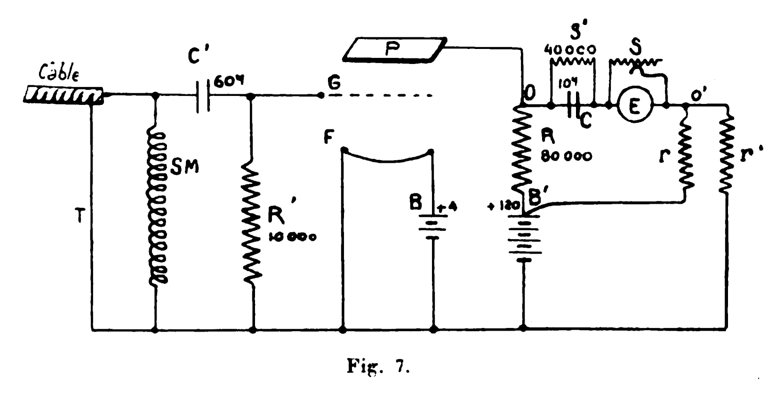


Fig. 7.

Amplificateurs à plusieurs étages. — Si l'amplification fournie par une seule lampe est insuffisante, ce qui est le cas pour l'installation Brest-Dakar, on en associe deux ou plusieurs, en transmettant, de façon convenable, à la grille de la seconde lampe les variations de potentiel de la première plaque : la seconde lampe amplifie ainsi les signaux déjà amplifiés par la première ; on peut, de même, relier une troisième lampe à la seconde, et ainsi de suite.

Les différents types d'amplificateurs à plusieurs étages se distinguent par le mode de liaison entre la plaque de l'un et la grille du suivant :

1° *Liaison par transformateurs.* — On place, dans le circuit de plaque d'une lampe, le primaire d'un transformateur élévateur de tension (fig. 8), rattaché, d'une part, au pôle positif de la batterie de 120 volts, B′, et, d'autre part, à la plaque, P; le secondaire est relié, d'un côté, au point commun, de l'autre, à la grille de la lampe suivante; en outre, on place généralement un transformateur semblable à l'arrivée de la ligne, qui se trouve connectée à la terre à travers le primaire; le secondaire est, comme les autres, relié à la grille de la première lampe. Une seule batterie, B, sert au chauffage de tous les filaments; de même, les trois plaques sont en communication avec une même batterie de 120 volts, B′. Sur la plaque de la 3me lampe, on intercale une résistance, R, et l'on branche entre le point O de celle-ci et le point commun, un circuit de réception tel que l'un de ceux que représentent les figures 5, 6 et 7.

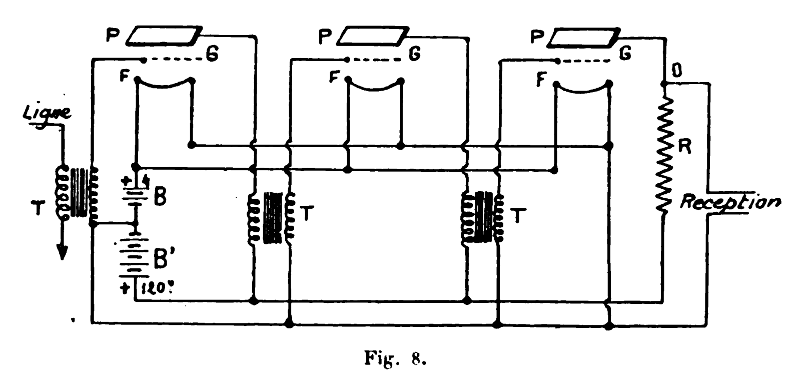


Fig. 8.

Ce mode de liaison présente, dans notre cas particulier, quelques inconvénients : chaque émission, reçue dans le primaire du premier transformateur, donne lieu, dans le secondaire, à deux courants, inverses l'un par rapport à l'autre; cette circonstance paraît, de prime abord, favorable, en ce que le second tend à ramener rapidement en arrière l'équipage galvanométrique dévié par le premier; mais, amplifié d'étage en étage, ce « lancé » devient tel que le siphon dépasse la médiane et trace, en y revenant ensuite, un crochet, qui dénature le signal. On peut, il est vrai, atténuer ce crochet en augmentant au maximum l'amortissement

de la bobine, en diminuant l'entrefer et la résistance du shunt, mais cette dernière manœuvre a pour effet de réduire sensiblement l'amplitude des signaux, puisqu'on fait passer en dehors de la bobine une quantité plus grande de courant. D'un autre côté, les transformateurs pour très basses fréquences sont lourds et encombrants. Enfin, des capacités non négligables se trouvent engendrées entre les grilles et les plaques, par les enroulements du transformateur, bobinés l'un sur l'autre; les circuits qui en résultent ont donc une période propre, et des oscillations peuvent s'y amorcer sous une influence quelconque : ou dit alors que l'amplificateur « chante ». On s'en aperçoit à ce que l'inscription des signaux devient tout à coup défectueuse et, si l'on substitue à l'enregistreur un récepteur téléphonique, on entend souvent un son continu plus ou moins intense. On ramène généralement le silence en empêchant la condition d'entretien d'être satisfaite, par exemple en modifiant le chauffage des lampes; on peut encore relier entre eux les noyaux des transformateurs et les mettre en communication avec le pôle positif de la batterie de plaques ou avec un point du circuit de chauffage des lampes.

Il est à remarquer que certaines lampes, dans lesquelles le vide a été insuffisamment poussé, font plus facilement chanter l'amplificateur. On reconnaît ce défaut à l'aide d'un galvanomètre intercalé dans le circuit filament-grille; si la lampe est trop peu vidée, on voit le courant s'inverser dès que le potentiel de la grille est amené vers 2 volts; ce phénomène est dû à la présence d'ions positifs, qui interviennent dans le transport des charges électriques. Il va de soi que cette remarque s'applique à tous les types d'amplificateurs à lampes.

2° *Liaison par capacités.* — Dans ce second type, qu'on dénomme couramment *amplificateur à résistances*, on intercale, dans chaque circuit de plaque, une résistance, R (fig. 9), de 80.000 ohms, par exemple, comme dans les dispositifs à une seule lampe examinés plus haut. Les variations de potentiel, à la sortie de cette résistance, sont transmises à la grille de la lampe suivante par l'intermédiaire d'un condensateur, C; une résistance, *r*, de plusieurs mégohms, placée entre la grille et le point com-

mun, assure la décharge de celle-ci et maintient son potentiel moyen à une valeur constante.

Lorsqu'il s'agit d'amplifier une transmission faite avec un seul sens de courant, Morse, par exemple, on donne au condensateur, C, une capacité de 0,1 à 2 μF ; le groupe capacité-résistance se charge ou se décharge alors avec une constante de temps très élevée, et l'on peut amplifier correctement tous les signaux à variations plus rapides que la durée de cette constante. Mais ces valeurs ne sauraient convenir à la transmission *recorder*, où les

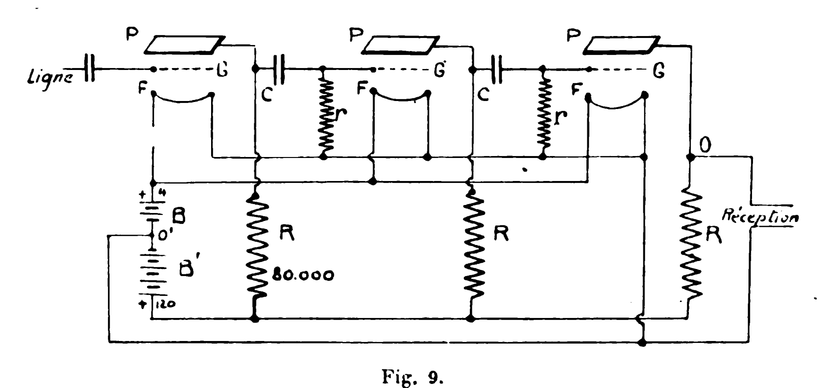


Fig. 9.

deux sens de courant sont employés pour le travail, car l'amplificateur fonctionne ici en redresseur, et le siphon n'est dévié que d'un seul côté. Pour obtenir une déviation dans les deux sens, il est nécessaire d'assurer une décharge plus rapide des grilles, en diminuant les résistances, *r*, jusqu'aux environs de 100.000 ohms; mais on réduit alors considérablement la constante de temps, et l'amplificateur ne suit plus fidèlement les transmissions ne comportant que sept ou huit variations par seconde. L'augmentation de la capacité, tout en améliorant sensiblement la réception, n'a pas permis d'atteindre des signaux aussi purs qu'avec le troisième dispositif qui est décrit ci-dessous; aussi l'étude de cet amplificateur, pour le cas particulier de l'enregistreur à siphon, a-t-elle été momentanément abandonnée.

3° *Liaison par contre-batteries.* — Ce troisième type d'amplificateur, a, sur le précédent, cet avantage de n'avoir pas de cons-

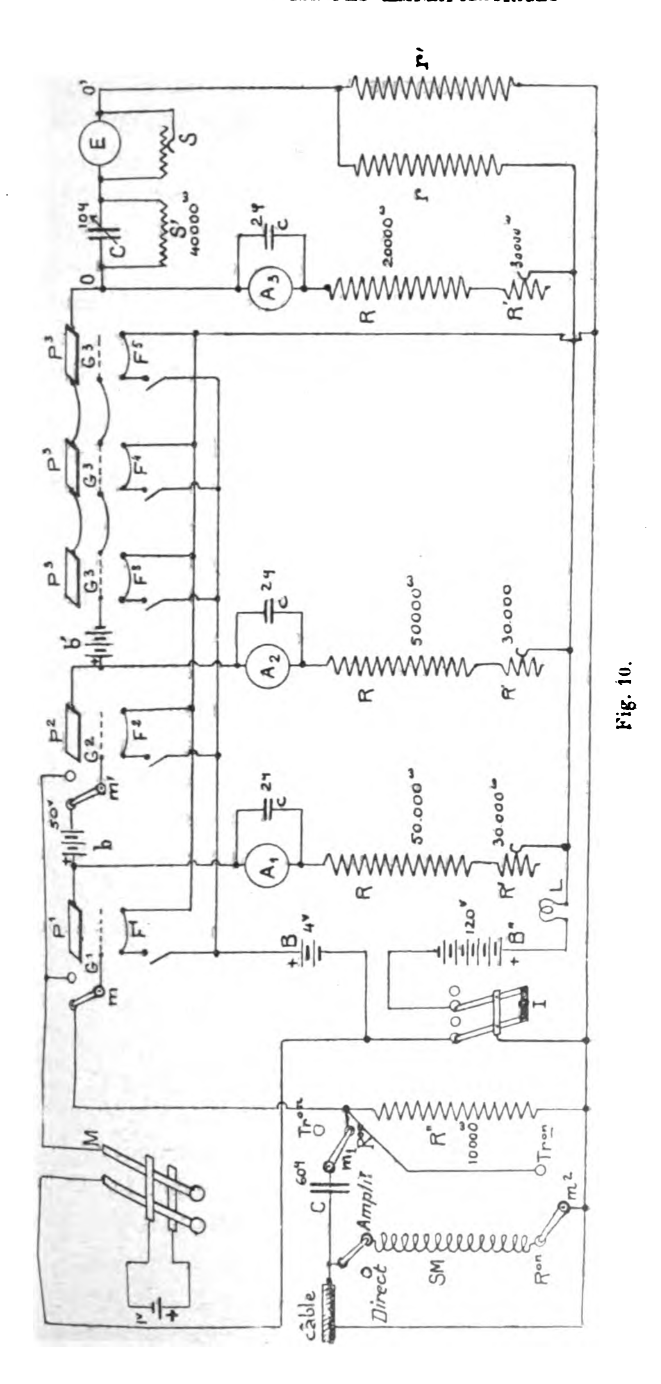


Fig. 10.

tante de temps ; il amplifie correctement les fréquences les plus basses, jusques et y compris la fréquence zéro : pour cette raison, on le dénomme couramment *amplificateur pour courant continu.*

L'amplificateur (fig. 10) comprend trois étages, les deux premiers d'une seule lampe chacun, le dernier de trois lampes reliées en parallèle, c'est-à-dire les trois plaques ensemble, les trois grilles également; seuls, les filaments sont indépendants : on peut donc allumer simultanément les trois lampes ou en éteindre une ou deux, sans autre manœuvre que celle de l'interrupteur individuel à chacune d'elles.

Comme dans le système précédent, la batterie de plaques, B′, protégée par une lampe de sécurité, L, est renvoyée aux plaques à travers des résistances, dans lesquelles s'effectue la chute de potentiel, au prorata des variations du courant : ces résistances sont, comme il a été dit plus haut, de 80.000 ohms pour les deux premiers étages ; elles sont formées de deux bobines, l'une, R, de 50 à 70.000 ohms, l'autre R′, divisée en 10 sections de 3.000 ohms chacune, qu'on intercale à l'aide d'une manette. Au 3me étage, plusieurs lampes étant en parallèle, la résistance fixe est de 20 à 40.000 ohms seulement, la résistance variable est semblable à celles des deux premiers étages. Les trois circuits de plaques comprennent encore chacun un milliampèremètre, A, shunté par un petit condensateur, *c*, de 2 μF.

Les variations du potentiel de la première plaque sont transmises à la 2me grille par l'intermédiaire d'une batterie de 50 volts, *b*, et d'un commutateur à manette, *m*, dont le rôle sera indiqué plus loin. Cette contre-batterie est en opposition avec B′, c'est-à-dire qu'elle a son pôle positif du côté de la plaque : elle abaisse donc le potentiel transmis à la 2me grille et le maintient à la valeur moyenne qui convient pour que le fonctionnement de la 2e lampe ait lieu dans la partie rectiligne de la courbe. La 2e plaque est reliée à la 3e grille par une seconde contre-batterie, *b*′, de même tension que la première et disposée de la même façon.

Le câble, bloqué par un condensateur, C, de 60 μF, est renvoyé à la 1re grille par l'intermédiaire d'un élément, *m*^{1}, d'un

commutateur multiple placé dans la position de réception, et d'un autre petit commutateur, *m* ; une résistance, R″, de 10.000 ohms, assure la décharge de la grille ; enfin une extrémité du shunt magnétique, SM, dont il a été question plus haut (v. p. 7) est reliée au conducteur du câble, avant le condensateur, C, l'autre est mise en communication avec la terre par l'une des broches, m^2, du commutateur multiple, lorsqu'on est dans la position de réception ; elle est isolée dans la position de transmission. La terre est prise sur l'armature métallique du câble. Dans la position de transmission, cette même broche, m^2, court-circuite la résistance, R″ ; on verra plus loin dans quel but.

L'enregistreur, E, en série avec un condensateur, C, de 10 μF, shunté de 40.000 ohms, est placé dans la diagonale d'un pont de Weatstone, dans les mêmes conditions que sur la figure 7 (v. p. 15).

Un interrupteur général, I, donne ou rompt la communication du retour des batteries, B et B′, avec la terre : on peut ainsi éteindre d'un seul coup toutes les lampes, par exemple, pendant qu'on transmet, et les rallumer ensuite, pour recevoir, sans faire usage des interrupteurs individuels ; ceux-ci ne servent que lorsqu'on veut supprimer un étage intermédiaire ou l'une des lampes du dernier. En même temps que l'interrupteur, I, éteint les lampes, il coupe le retour de la batterie de plaques, B″, qui, sans cela, débiterait en permanence dans les deux branches, *r* et *r′*, du pont de Wheatstone.

Les contre-batteries doivent ramener le potentiel des grilles au point le plus favorable à une amplification égale des deux sens du courant venant de la ligne ; or, pour atteindre ce point, il serait incommode de faire varier la tension des contre-batteries et, en tout cas, comme il s'agit là d'accumulateurs, on ne pourrait agir que par échelons discontinus de 2 volts : dans la plupart des cas, on ne pourrait faire qu'un réglage approximatif. C'est dans le but d'obtenir toute la précision désirable, sans modifier en rien les contre-batteries, que les résistances de plaques ont été scindées en deux parties : l'une fixe, l'autre variable : dans ces conditions, si l'on constate, par exemple,

qu'il y aurait lieu de diminuer la tension de la contre-batterie, *b*, on obtient un résultat équivalent en élevant le potentiel de la première plaque ; il suffit, pour cela, de diminuer la résistance variable, R', en série sur cette plaque. Et, comme il s'agit toujours de petites quantités, on ne change pas sensiblement la position de la caractéristique par rapport à l'axe des intensités ($v = o$).

Le réglage de l'amplificateur, avant sa mise en service, s'opère de la façon suivante : on commence par fixer le courant de chauffage de chaque lampe à $0^{A},6$, pour les raisons indiquées plus haut (v. p. 10) ; on agit, à cet effet, sur un rhéostat variable et on observe un ampèremètre, en série, sur chaque circuit de filament, ceux-ci ne sont pas représentés sur la figure. Puis on commence par vérifier la contre-batterie, *b'* : on tourne le petit commutateur, *m'*, ce qui a pour effet de mettre la grille, G^2, en communication avec la touche de droite d'un manipulateur inverseur, M, du genre Thomson, dont la touche de gauche est au point commun ; aux butées des touches sont rattachés les pôles d'une pile de 1 volt. Dès que le commutateur est déplacé, la 2e grille se trouve au potentiel zéro et un certain courant circule dans le circuit filament-plaque de la 2e lampe ; le potentiel que prend alors la plaque, P^2, diminué de celui de la contre-batterie, *b'*, est transmis aux grilles, G^3 ; on note alors le courant qui circule dans le *troisième* étage, et qui est indiqué par le milliampèremètre, A^3 ; puis on abaisse successivement les deux touches du manipulateur inverseur, M ; la touche de droite amène à la 2e grille 1 volt positif, et celle de gauche, 1 volt négatif. Les deux déviations qui en résultent, au 3e étage, doivent être rigoureusement égales, de part et d'autre de celle qu'on avait au repos. Si elles ne le sont pas, si par exemple, l'angle est plus grand pour le positif que pour le négatif, on en conclut que le point de fonctionnement du 3e étage est trop bas : on pourrait le remonter en diminuant la tension de la contre-batterie, *b'* ; mais il est préférable d'augmenter le potentiel de P^2, c'est-à-dire de diminuer la résistance de R' au second étage ; et inversement. Dès que l'égalité parfaite est atteinte, on rétablit normalement

le commutateur, m', et on tourne l'autre, m, pour régler, de même, la première contre-batterie, b ; le réglage terminé, on doit trouver, au 3e étage, des élongations égales pour les positifs et les négatifs amenés à la grille du premier ; dans le cas où un plot en plus ou en moins du premier rhéostat ferait dépasser le but dans un sens puis dans l'autre, on pourrait parfaire en agissant sur la résistance variable du 3e étage.

Il ne reste plus qu'à équilibrer le pont de Wheatstone : on prend pour point de repère le tracé que donne le siphon lorsque le récepteur est relié directement au câble, sans l'intermédiaire de l'amplificateur, c'est-à-dire, lorsqu'il n'est parcouru par aucun courant ; un commutateur multiple permet de passer instantanément de l'une à l'autre position : on met le shunt, S', à zéro, puis on agit sur les résistances, r et r', jusqu'à ce que les médianes tracées en direct et avec l'amplificateur se confondent exactement.

Deux commutateurs multiples servent, d'une part, à passer de la transmission à la réception, d'autre part, à relier le récepteur, soit directement au câble, pour travailler à la façon ordinaire, soit à l'amplificateur. Ces commutateurs sont d'un genre spécial ; ils se composent essentiellement de deux rangées parallèles de ressorts verticaux, entre lesquelles peut pivoter un cylindre d'ébonite, qu'on manœuvre à l'aide d'une manivelle ; sur le pourtour de ce cylindre sont disposés des plots, capables de réunir métalliquement deux ou plusieurs ressorts de la même rangée. Le commutateur de réception comprend quatre ressorts d'un côté et huit de l'autre. Lorsque les plots du cylindre sont tournés dans la position de « réception directe », ils réunissent le câble à l'entrée des bobines du récepteur et la sortie à la terre ; dans la position d'amplificateur, le câble est amené à la 1re grille, le récepteur est inséré entre le condensateur, C, et la jonction des branches, r et r', du pont de Wheatstone ; enfin, l'une des extrémités du shunt magnétique, SM, est reliée à l'arrivée du câble ; l'autre extrémité est mise à la terre ou isolée, suivant la position du premier commutateur, comme on le verra plus loin. Il importe, en effet, que le shunt magnétique n'établisse sa déri-

vation que lorsqu'on reçoit avec l'amplificateur : à la réception directe comme à la transmission, il affaiblirait tellement les signaux que la correspondance deviendrait impossible. Pendant tout le temps du déplacement du cylindre, pour passer d'une position à l'autre, un grand plot, pouvant embrasser quatre ressorts, met le récepteur en court-circuit : le courant de charge du condensateur, C, ne peut ainsi donner au siphon un choc qui pourrait l'endommager.

Le commutateur d'entrée comprend quatre ressorts de chaque côté ; dans la position de réception, il renvoie le câble au ressort « ligne » du second commutateur qui, à son tour, le relie au récepteur ou à la grille, suivant la position qu'il occupe ; la seconde paire de ressorts donne la terre à la sortie du shunt magnétique, SM (on vient de voir que l'entrée n'est rattachée au câble que lorsqu'on est sur amplificateur à l'autre commutateur). Dans la position de transmission, le câble va au transmetteur, la sortie du shunt magnétique est isolée et enfin, la 1re grille de l'amplificateur est mise à la terre. Cette dernière communication a pour but de supprimer un phénomène assez curieux, qui s'est manifesté lors des premières expériences : la proximité, dans le second commutateur, du fil de ligne et de celui qui conduit à la première grille, était suffisante pour qu'il y eût, lorsqu'on transmettait, un véritable couplage par capacité : l'amplificateur fonctionnait et l'enregistreur donnait le contrôle de la transmission, mais avec une amplitude et une brusquerie telles que le siphon courait grand risque d'être endommagé à bref délai. Ce phénomène disparaît si l'on met, pendant la transmission, la première grille directement à la terre. Il est à remarquer que cette jonction n'empêche pas d'effectuer sur l'amplificateur toutes les manœuvres et tous les réglages qui peuvent être nécessaires.

Au cours du trajet du cylindre entre la position de transmission et celle de réception, un secteur spécial met le câble à la terre pendant un temps suffisant pour qu'il se décharge, et l'on évite l'élongation brutale qui se produirait, sans cela, dans le récepteur.

Remarque. — Quel que soit le dispositif de réception employé,

il est nécessaire de choisir l'entrée et la sortie de l'enregistreur de manière que les positifs fassent dévier le siphon vers l'arrière et les négatifs vers l'avant. Or, ce choix dépend du nombre, pair ou impair, des étages de l'amplificateur : en effet, un positif, par exemple, élève le potentiel de la 1re grille, et il en résulte une augmentation du courant de plaque dans la première lampe ; la chute de tension dans la résistance, R, se trouvant augmentée, le potentiel de la plaque, P^1, s'abaisse, et détermine, par l'intermédiaire de la contre-batterie, *b*, un abaissement égal du potentiel de la 2e grille : le courant de plaque diminue donc dans la seconde lampe, d'où augmentation du potentiel de P^2 et de G^3, augmentation du courant de plaque dans la troisième lampe et diminution du potentiel de P^3. Si l'amplificateur comprenait un nombre plus élevé d'étages, la 4e lampe se comporterait comme la 2e, la 5e comme les 1re et 3e, et ainsi de suite.

En résumé, un positif reçu de la ligne détermine une *diminution* du potentiel des plaques impaires et une *augmentation* de celui des plaques paires, et inversement s'il s'agit d'un négatif; les oscillations, dans ces deux séries, sont, si l'on préfère, en opposition constante. Avec le montage de la figure 10, le courant provoqué par un positif entrerait dans l'enregistreur par la borne de droite. Si l'action sur le siphon est bien celle qui convient, et si on vient à supprimer ou à ajouter un étage, il est donc nécessaire d'intervertir l'entrée et la sortie du récepteur, afin que la déviation reste de même sens. Il est préférable de faire cette interversion aux extrémités, O et O′, de la diagonale, plutôt qu'aux bornes mêmes de l'appareil, afin que, lorsqu'on reçoit directement, sans l'intermédiaire de l'amplificateur, on n'ait rien à changer aux connexions établies.

Conclusion. — Des trois systèmes d'amplificateurs qui ont été étudiés, c'est le dernier qui a donné les meilleurs résultats, avec le dispositif en pont de Wheatstone pour l'insertion de l'enregistreur. Son seul inconvénient est la nécessité de deux contre-batteries, que n'exigent pas les autres. Toutefois, son réglage, tel qu'il a été exposé (v. p. 22) est extrêmement simple et ne nécessite pas la présence d'un spécialiste. Il est à remarquer,

d'ailleurs, que deux étages suffisent pour amplifier convenablement la réception, sur le câble Brest-Dakar, à la vitesse de 480 à 500 émissions par minute. Le troisième étage ne sera guère employé que pour rechercher les moyens de dépasser cette limite actuelle, qu'il est permis de considérer comme provisoire.

Si l'on examine la bande inférieure de la figure 1 (p. 5), on voit combien il est indispensable que l'amplificateur soit d'une fidélité absolue, qu'il reproduise, sans les déformer, des inflexions à peine sensibles, sans lesquelles les signaux seraient intraduisibles, et l'on peut dire, à cet égard, que l'enregistreur à siphon est certainement le plus délicat, le moins maniable des récepteurs en usage. Or, de l'avis de spécialistes autorisés, les signaux qu'on reçoit à l'amplificateur sont plus nets qu'avec la réception directe et les vitesses réduites usitées précédemment : les intervalles entre les lettres sont plus creusés, le tracé plus régulier.

L'amplificateur conserve cette fidélité aux plus grandes vitesses : c'est ainsi que, sur le câble Brest-Casablanca, le régime normal de 630 émissions par minute a pu être porté jusqu'à la limite permise par le moteur de Casablanca, soit, environ, 900 émissions, et l'excellente qualité de la réception à cette vitesse permet de penser qu'on l'aurait facilement dépassée. On voit donc que, pour ce qui concerne Brest-Dakar, ce n'est pas l'amplificateur qui limitera l'amélioration du rendement.

La vitesse de 480 à 500 émissions par minute, atteinte dès maintenant, représente, comme il a été dit au début, une majoration de 25 à 30 °/₀; mais ce bénéfice *brut* sera amplement dépassé si l'on considère le *rendement commercial* du câble : en effet, la netteté plus grande des signaux, rendant la lecture plus sûre, diminuera certainement, de façon appréciable, le nombre et la longueur des répétitions, ce qui augmentera d'autant le rendement réel ; il en sera de même des altérations que la rédaction en « code » rend en quelque sorte inévitables avec une lecture difficile : tout d'abord, le service sera meilleur et le public aura moins de sujets de plaintes, ce qui est important ; ensuite, tout mot arrivant tronqué au destinataire donne lieu à un échange d'avis de service, qui occupent le câble en pure perte ;

et, s'il est impossible de chiffrer, pour l'instant, le nombre d'émissions que représentent ces deux causes actuelles de dépréciation, on voit, néanmoins, que le bénéfice *net*, procuré par l'amplificateur, sera certainement supérieur aux valeurs indiquées ci-dessus.

Quoi qu'il en soit, cette majoration permet de différer, pour un temps sans doute assez long, la pose d'un nouveau câble. Pendant ce répit, il sera loisible de reprendre l'étude des divers facteurs qui peuvent concourir à apporter une nouvelle amélioration : décharge, compensation, mise à la terre plus large entre les émissions, etc. ; le premier pas, dans cette voie nouvelle, le plus difficile, étant franchi, il est permis d'espérer que d'autres sont encore possibles.

CONSIDÉRATIONS
SUR LA PROTECTION DES LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES ET TÉLÉPHONIQUES
CONTRE LES COURANTS INDUSTRIELS

Par M. BOUCHARD,
Inspecteur général des Postes et Télégraphes,
Membre du Comité d'Électricité.

Les lignes électriques d'énergie font courir au personnel et aux installations de l'Administration des Postes et Télégraphes des dangers de trois sortes :

1° Pour le personnel de l'Administration entretenant ou exploitant les lignes télégraphiques ou téléphoniques, dangers de secousses électriques plus ou moins graves par contact direct entre les lignes d'énergie et les lignes télégraphiques ou téléphoniques, ou par induction des unes aux autres.

2° Pour les installations, dangers de détérioration du matériel télégraphique et téléphonique et dangers d'incendie des bureaux.

3° Pour l'exploitation télégraphique et téléphonique, troubles dans l'exploitation pouvant aller, dans certains cas, jusqu'à l'impossibilité d'assurer des communications télégraphiques et téléphoniques.

L'Administration des Postes est donc intéressée au plus haut point à ce que toutes les précautions soient prises pour supprimer ou atténuer le plus possible les dangers résultant de la proximité de ses lignes et des lignes d'énergie.

Aussi, dès que les lignes d'énergie se sont développées, une loi du 25 juin 1895 a-t-elle donné à l'Administration le contrôle de ces lignes et a-t-elle qualifié les ingénieurs des Postes et des Télégraphes pour ce contrôle.

Cette loi a été remplacée par la loi du 15 juin 1906 aujourd'hui en vigneur.

L'article 18 de cette loi prévoit des règlements d'administration publique pour divers points d'application. Ce règlement a été réalisé par le décret du 3 avril 1908.

L'article 19 de cette loi stipule que des arrêtés pris après avis du Comité d'électricité déterminent les conditions techniques auxquelles devront satisfaire les distributions d'énergie au point de vue de la sécurité des personnes et des services publics intéressés.

La révision de l'arrêté technique prévue par cet article vient d'avoir lieu ; le nouvel arrêté, portant la date du 30 juillet 1921, fait suite à celui du 21 mars 1911 qu'il remplace. Sans la guerre, ce dernier aurait été révisé beaucoup plus tôt puisque la révision doit être annuelle. Cette révision a été élaborée par le Comité d'électricité créé par l'article 20 de la loi de 1906. Ce comité se compose de trente membres dont quinze représentants des grandes industries électriques et quinze membres des Administrations publiques intéressées, savoir :

3	représentants	du	ministère	des Travaux Publics
3	—	du	—	de la Guerre
3	—	du	—	de l'Intérieur
3	—	du	—	de l'Agriculture
3	—	du	—	des Postes et Télégraphes.

On voit donc que, dans ce Comité, les grands intérêts de l'Administration des Postes et des Télégraphes ne sont représentés que par 3 membres sur 30.

Par suite, lorsque, dans une question, ces intérêts sont en conflit avec ceux de l'Industrie électrique, les représentants de l'Administration des Postes et des Télégraphes se trouvent dans une position très défavorable pour faire prévaloir les mesures qui leur paraissent nécessaires pour leur service, car les autres Administrations publiques représentées n'ont pas à se préoccuper pour leur propre compte de difficultés aussi grandes que celles qu'éprouve l'Administration des Postes et Télégraphes.

Il ne faut pas s'étonner si un arrêté pris sur la présentation d'un Comité ainsi composé ne donne pas à l'Administration des Postes et Télégraphes toutes les sécurités dont elle a besoin ; mais les précautions qu'il édicte sont cependant importantes. Néanmoins, si une révision de la loi du 15 juin 1906 venait à se produire, elle devrait avoir entre autres résultats celui de faire



disparaître l'anomalie qui consiste à ne donner à l'Administration des Postes et Télégraphes, dans le Comité, qu'une si faible représentation.

L'arrêté technique est accompagné d'une circulaire du ministre des Travaux Publics aux préfets.

Les termes de cette circulaire ont été discutés par le Comité d'électricité comme ceux de l'arrêté lui-même.

Cette circulaire commente l'arrêté, fournit des indications qui le complètent et qui, étant donné leur origine, ont sensiblement la même valeur, puisqu'elles ont pour but de fixer la ligne de conduite des services de contrôle et autres services intéressés.

En cas de conflit entre deux ou plusieurs services, on sait ainsi que les vues exprimées par cette circulaire sont celles du Comité d'Électricité et que, par suite, une opinion basée sur la circulaire a toutes chances d'être approuvée par le Comité. L'arrêté et la circulaire sont les documents officiels qui fixent les droits des services des Postes et des Télégraphes en matière de voisinage des lignes d'énergie électrique (1).

Je vais examiner ci-dessous les innovations introduites par le nouvel arrêté et la circulaire qui l'accompagne et plus spécialement celles qui peuvent intéresser les services des Postes, des Télégraphes et des Téléphones.

Le nouvel arrêté a groupé dans les titres II (courant continu) et III (courant alternatif), toutes les dispositions spéciales aux installations de traction.

Le titre I traite des dispositions communes à toutes les lignes d'énergie, transport, distribution ou traction et le titre IV des dispositions diverses.

(1) Dans ses rapports avec le service du contrôle et le Comité d'Electricité, le service des Télégraphes doit s'appuyer exclusivement sur la loi de 1906 et sur les décrets et arrêtés y relatifs.

L'Instruction de 1918 de l'Administration des Télégraphes sur la protection des installations télégraphiques et téléphoniques de l'Etat contre les courants industriels n'est en quelque sorte qu'un guide du fonctionnaire des télégraphes.

TITRE I.

Art. 3. — Le dernier alinéa des commentaires faits de cet article par la circulaire, indique qu'il est désirable qu'autant que possible les lignes de deuxième catégorie, d'une part, les lignes télégraphiques, téléphoniques ou de signaux parallèles, d'autre part, ne soient pas placées du même côté des voies publiques.

Art. 5. — L'article 5 spécifie que le long des chemins non accessibles aux voitures, les canalisations sont simplement tenues d'être hors de la portée du public.

Il abaisse à 30° l'angle minimum, autrefois de 60°, sous lequel une ligne d'énergie peut croiser une voie publique.

Le haubannage des lignes d'énergie ne doit être qu'exceptionnel (circulaire).

Le paragraphe 7 définit dans des conditions nouvelles la zone de protection à réserver autour des maisons et dans laquelle aucun conducteur de première ou de deuxième catégorie suivant les cas, ne peut être placé. Le dernier alinéa de la circulaire, sur cet article est relatif aux conducteurs de première catégorie montés sur les mêmes supports que des conducteurs de deuxième catégorie. Il recommande d'en vérifier avec soin les conditions d'établissement au voisinage des traversées de voies publiques et de voies ferrées ainsi que des lignes télégraphiques, téléphoniques ou de signaux et des autres lignes électriques. Les précautions spéciales à prendre éventuellement doivent donc faire l'objet d'examen de cas d'espèce, elles ne sont pas définies. Ni l'arrêté, ni la circulaire n'établissent une assimilation entre les lignes de 1re catégorie envisagées et les lignes de 2e catégorie, mais la circulaire n'exclut pas le recours motivé à certaines des dispositions réglementaires pour les lignes de 2e catégorie.

L'article 8 spécifie la protection mécanique obligatoire pour les câbles électriques souterrains.

L'article 21 indique les conditions dans lesquelles une ligne d'énergie peut traverser une voie ferrée d'un grand réseau d'intérêt général comportant un mode de traction autre que la traction électrique par ligne de contact aérienne.

Art. 25. — Le paragraphe 6 indique le but que doit remplir le cadre de garde sur les supports de traversée des voies ferrées; ce cadre doit donc être constitué de façon que le résultat cherché soit atteint pour chacun des fils de la traversée qui viendrait à se rompre.

Le paragraphe 10 prévoit des visites périodiques effectuées par le service du contrôle pour vérifier la situation de ces traversées.

Les représentants de l'Administration des Postes et Télégraphes y sont convoqués. Il en est de même pour les traversées souterraines (art. 26).

Sur ce même article 25, la circulaire indique les conditions qui devraient remplir les filets qui pourraient être demandés exceptionnellement.

Le chapitre III (art. 29 à 3) indique les précautions à prendre pour le croisement des lignes d'énergie entre elles. Ses dispositions sont extrêmement intéressantes pour les services de l'Administration des Postes et des Télégraphes, puisqu'elles ont pour but d'éviter qu'une ligne considérée comme relativement inoffensive, ne devienne dangereuse.

Le Comité d'Électricité n'a vraisemblablement pas entendu que *l'article 29* soit pris à la lettre et interprété comme interdisant absolument la pose de fils de 1re catégorie sur des supports de fils de 2e catégorie mais il est clair que son esprit autorise des précautions spéciales à prendre dans ce cas en ce qui concerne les premiers et même peut-être aussi les seconds.

Le chapitre IV (art. 35, 36 et 37) traite de la protection des lignes télégraphiques, téléphoniques ou de signaux.

Art. 35. — Le paragraphe 1 stipule la distance minimum de 1 mètre entre les lignes de 1re catégorie et les lignes télégraphiques, etc., sauf dans le cas où les premières sont fixées sur toute la longueur.

La distance minima est alors réduite à 30 centimètres. Les dispositions du paragraphe 2 permettent d'éviter un contact entre un fil de contact de traction et les fils télégraphiques, etc., si le premier vient à quitter un de ses points d'attache.

Le paragraphe 3 définit les distances en projection horizontale ou réelle, suivant les cas à observer entre les fils de 2[e] catégorie et les fils télégraphiques, etc., tant en dehors des agglomérations que dans ces agglomérations, ces distances étant réduites dans le cas où les premiers sont fixés sur toute leur longueur, ou tout au moins, tous les mètres. Dans le cas où l'entretien de la ligne télégraphique expose les ouvriers à un contact accidentel, direct ou indirect, avec la ligne d'énergie voisine, les dispositions de *l'article 38* doivent être appliquées et, notamment, la coupure du courant sur les lignes de 2[e] catégorie.

Le paragraphe 4 de l'article 35 indique les distances minima de croisement entre les lignes d'énergie et les lignes télégraphiques, etc.

Pour les traversées $\frac{\text{Energie,}}{\text{Télégraphe}}$ il stipule que seront applicables les dispositions des : art. 3, paragr. 6 (supports de la traversée aussi rapprochés que possible),

art. 5, paragr. 5 (l'interdiction des épissures et soudures arrêtage des fils),

art. 5, paragr. 6 (pour les fils de 2[e] catégorie, dispositif de retenue en cas d'abandon de l'isolateur),

art. 6, paragr. 2, 2[e] alinéa (coefficient de sécurité égal à 3),

art. 25, paragr. 5 (pour les lignes de 2[e] catégorie obligation du double isolateur).

Le 4[e] alinéa du paragraphe 4 de l'art. 35 impose les dispositifs de garde pour les traversées $\frac{\text{Télégraphe}}{\text{Energie, 2}^{\text{e}}\text{ catégorie}}$ et les prévoit éventuellement pour la première catégorie. Une consolidation des lignes télégraphiques, etc., est prévue à l'alinéa suivant.

Le 6[e] alinéa du paragraphe 4 de l'art. 35 indique les précautions à prendre sur une ligne d'énergie croisant dans la même portée des fils aériens télégraphiques, etc., et une ligne aérienne de contact, la circulaire indique d'ailleurs qu'on doit chercher à éviter ces doubles croisements dans la même portée par exemple, en plaçant un appui intermédiaire.

Le dernier alinéa du paragraphe 4 prévoit la modification des

lignes préexistantes dans le cas où les dispositions de ce paragraphe ne peuvent être appliquées. La circulaire au sujet de l'article 35 indique que les baguettes en bois ne sont plus admises comme protecteurs sur les fils de contact et que celles qui existent encore doivent être progressivement abandonnées.

A l'article 36, les distances antérieurement exigées entre lignes de différentes natures ont été réduites :

L'article 37 assimile à des lignes de 2e catégorie, les lignes télégraphiques, téléphoniques ou de signaux montées sur les mêmes poteaux que ces dernières. Nous avons vu que la même mesure n'a pas été prise au moins explicitement pour les lignes de première catégorie montées sur les mêmes poteaux que celles de 2e catégorie, bien que les motifs à invoquer soient sensiblement de même ordre dans les deux cas.

C'est, vraisemblablement, une difficulté d'application qui a motivé cette distinction a priori étrange. Cette difficulté est beaucoup plus grande dans le cas de lignes de 1re catégorie que dans le cas de lignes téléphoniques.

L'art. 38 indique les précautions à prendre pour l'exécution des travaux à effectuer au voisinage des lignes d'énergie. L'observation de ses dispositions est des plus importantes.

TITRE II.

Au sujet du titre III, visant les installations de traction électrique par courant continu, la circulaire précise que nonobstant l'observation par l'entrepreneur des règles fixées par ce titre, cet entrepreneur reste responsable vis-à-vis des tiers auxquels ses installations viendraient à causer des dommages, soit par induction, soit par électrolyse, soit pour tout autre motif.

Cette observation est des plus importantes et ne doit jamais être perdue de vue par les services des Postes et des Télégraphes.

Art. 42. — Le paragraphe 2 de cet article stipule que, contrairement à ce qui était prescrit par l'arrêté du 21 mars 1911, les fils transversaux supportant les fils de contact n'ont plus à être isolés de la terre.

Art. 45. — Cet article exonère de certaines précautions exigées pour les conducteurs de 2e catégorie les fils de contact de traction à courant continu dont la différence de tension avec la terre ne dépasse pas 1.500 volts.

La même disposition est prise pour les courants alternatifs par l'article 65 jusqu'à la tension de 600 volts.

L'article 46 stipule que les précautions seront prises pour que les courants dérivés des rails de roulement suivant de conducteurs de retour ne puissent nuire aux lignes télégraphiques et téléphoniques voisines.

C'est l'article qui sauvegarde effectivement les droits des tiers et en particulier de l'Administration des Postes et des Télégraphes contre les effets de l'électrolyse.

Les commentaires de cet article faits par la circulaire prévoient le cas où le doublement des lignes télégraphiques, téléphoniques ou de signaux s'imposerait. En ce qui concerne les lignes téléphoniques, la remarque n'a à peu près aucune portée, car, actuellement, presque toutes les lignes téléphoniques sont bifilaires. Les exceptions sont en nombre infime et de plus en plus réduit.

En ce qui concerne les lignes télégraphiques, le conseil donné serait souvent d'une application difficile. Si la ligne a quelque longueur, il faudrait souvent ou la doubler sur toute sa longueur, ce qui peut occasionner une dépense assez élevée, ou employer un relais entre la section unifilaire et la section bifilaire, ce qui constitue une gêne sérieuse d'exploitation.

Dans le cas où la recommandation faite par la circulaire trouverait son application, une étude minutieuse du cas d'espèce serait donc nécessaire.

Art. 47. — Cet article stipule que les lignes de traction seront divisées en deux zones, urbaine et suburbaine, avec différence de réglementation.

La division est arrêtée d'accord entre l'exploitant et le service du contrôle.

Ni l'arrêté ni la circulaire ne stipulent que les services intéressés seront consultés, en particulier celui des Postes et des

Télégraphes dont les câbles et conduites sont si souvent électrolysés, mais cette consultation n'offrirait d'ailleurs que peu d'intérêt ainsi qu'on verra plus loin. La différence de réglementation entre les deux zones est la suivante :

Dans la zone urbaine la chute moyenne de tension est calculée sur la durée effective du service, dans la zone suburbaine, elle l'est sur une période de 24 heures.

Ici se pose la question de la limite imposée de chute de tension dans les rails de roulement et il y a lieu d'en discuter le principe et l'application ; pour cela, il va me falloir anticiper un peu sur les articles qui suivent.

A quelle préoccupation correspond la règle qui impose une limite de chute de tension dans les rails de roulement ? Évidemment à celle de protéger dans une certaine mesure les masses métalliques voisines contre les effets de l'électrolyse. Le but cherché peut-il être atteint par le moyen employé ?

Le règlement ne tient compte que de la chute de tension mais ce n'est pas le seul élément à considérer dans les dangers à craindre. Il faut aussi envisager les intensités mises en œuvre, la conductance du sol, sa composition chimique, etc. Tous ces éléments interviennent dans une large mesure dans les dégâts d'électrolyse. On doit même remarquer que meilleure est la conductance du sol, plus il y a de courants vagabonds nuisibles et mieux la règle qui fixe la limite de tension dans les rails peut être observée. Ce simple résultat paradoxal jette immédiatement une suspicion sur le principe de la règle adoptée.

Voyons l'explication de cette règle.

Pour la fixation de la limite de chute de tension, les premiers règlements l'établissaient à cinq volts pour l'ensemble du réseau.

Plus tard, on a pensé qu'il n'était pas logique de ne pas tenir compte de l'étendue du réseau et on a substitué la règle d'un volt par kilomètre.

Mais cette règle est-elle basée sur des expériences, sur des constatations scientifiques ?

Nullement. Les services intéressés, et je ne parle pas seulement de ceux des Postes et des Télégraphes, ont constaté que la

règle du volt kilométrique ne repose sur rien, que, dans certains cas, la limite qu'elle impose ayant été largement dépassée, aucun trouble ni aucun dégât n'en était résulté, que, dans d'autres nombreux cas, des dégâts d'électrolyse se produisaient bien avant que la limite de la chute de tension ne fût atteinte. Il semble bien que c'est uniquement l'arbitraire, l'empirisme qui a fixé cette règle de forme simpliste : unité pour unité, volt par kilomètre.

C'est la règle qui est encore maintenue pour la zone urbaine par l'article 50 du nouvel arrêté.

Il convient de signaler à ce sujet l'article 49 relatif à la chute de tension calculée. Cet article la fixe à un volt un dixième pour la zone urbaine et 2 volts 2 dixièmes pour la zone suburbaine. Nous venons de voir ce qu'on peut penser de la valeur de cette apparence de précision. La limite étant fixée, on doit la prendre, ainsi que le prescrit l'article 47, sur une moyenne : durée du service pour la zone urbaine et vingt-quatre heures pour la zone suburbaine.

Ici encore, il est difficile d'apercevoir le bien fondé des dispositions prises.

La règle posée ne tient pas compte des pointes de chutes de tension.

On admet implicitement que 10 volts pendant une minute ne causent pas plus de dégâts qu'un volt pendant dix minutes. Or, aucune expérience, à ma connaissance, ne permet une telle affirmation.

Suivant que les courses sont plus ou moins espacées, la chute de tension non pas moyenne mais réelle pourra être multipliée par un coefficient variable 2, 3, 4 ou 5 ou davantage.

Si on prend le cas limite d'un tramway qui ne ferait que deux courses par jour, pour un service spécial, chaque course durant une heure, on doit prendre la moyenne sur deux heures si les courses ont lieu l'une après l'autre. Si, au contraire, les courses sont espacées de onze heures entre la fin de la première et le commencement de la seconde, la durée de service sera de 13 heures. La chute de tension permise dans le second cas sera

donc à la première comme 13 est à 2, c'est-à-dire 6 fois 1/2 plus grande sans que rien puisse justifier cette différence.

De plus, cette moyenne étant fixée, comment la mesurer expérimentalement ? On comprend qu'il s'agit d'une opération longue et délicate dont les résultats peuvent donner lieu à des interprétations très diverses.

Une autre observation s'impose encore. Le nouvel arrêté fait une distinction entre les tramways établis sur la voie publique et ceux qui sont installés sur plate-forme indépendante. Aux premiers, il impose des limites de chutes de tension dont les rails, aux seconds, il n'impose rien.

On pourrait croire que cette distinction est due à ce que les premiers seuls sont considérés comme dommageables et que les seconds sont inoffensifs. Il n'en est rien. C'est, tout au contraire, parce qu'on a considéré que les intensités dans les tramways à plate-forme indépendante sont trop élevées qu'une limite de chute de tension dans les rails de roulement ne pouvait pas être imposée et ne serait pas réalisable. Ainsi, ce sont les installations les moins nocives qui sont réglementées ; les plus dommageables ne le sont pas.

Il semble qu'il eût été plus logique d'affranchir de toutes règles de chute de tension toutes les installations de traction. Les règles édictées sont contestables et contestées. Elles ne paraissent apporter aucune garantie aux services électrolysés et ne peuvent être désirées par eux.

En est-il de même des compagnies de traction ? Ne voient-elles pas avec plaisir l'existence de ces règles qui, supposées satisfaites, les couvrent dans une certaine mesure vis-à-vis de l'Administration si leurs installations commettent des dégâts ?

Si ces règles n'ont pour but que de guider les compagnies inexpérimentées, de simples conseils de leurs syndicats rempliraient le même but et la réglementation actuelle devenue si touffue en serait allégée.

La conclusion est que la règle du volt kilométrique paraît n'offrir aucun intérêt pour les services des Postes et des Télégraphes.

Il semble inutile que les ingénieurs et autres représentants des P. T. T. demandent à participer ou à assister à des essais tendant à vérifier si elle est observée ; ce soin peut être laissé uniquement aux services du contrôle. Pour les ingénieurs des P. T. T. ce serait un temps perdu.

D'une part, en effet, on ne saurait tirer au point de vue de la nocivité de la ligne, aucune conclusion des résultats obtenus et, d'autre part, les essais à faire sont longs et ces résultats sont très difficiles à préciser. Une compagnie qui serait dans son tort pourrait, avec la plus grande facilité, discuter sur la manière d'établir la moyenne et il serait bien difficile de lui opposer des calculs précis.

En résumé, les services d'Administration des Postes et des Télégraphes ne sont réellement garantis contre les méfaits de l'électrolyse que par la responsabilité qui est justement laissée par les textes, comme nous l'avons vu, aux compagnies de traction, des dégâts qu'elles occasionnent.

Le droit commun leur suffit.

Les essais intéressants à faire par les ingénieurs des Postes et Télégraphes sont ceux qui ont pour objet d'établir en cas d'électrolyse la relation de cause à effet : différence de potentiel de rail à conduite en câble (le courant de traction étant ou non interrompu), intensité des courants circulant dans les enveloppes des câbles télégraphiques ou téléphoniques (avec les mêmes distinctions), etc...

Après cette discussion, il paraît superflu d'entrer dans le détail de l'examen des articles 48 à 52 dont l'observation intéresse avant tout les services de contrôle.

Art. 53. — Le paragraphe 3 de cet article oblige les compagnies exploitantes à vérifier au moins deux fois par an le bon état d'isolement des fils transversaux par rapport aux fils de contact et de tenir à la disposition du service des Postes et des Télégraphes un registre donnant les résultats de ces vérifications.

Il est essentiel pour la sécurité du personnel des lignes et même de l'exploitation des Postes et des Télégraphes, et encore des abonnés au téléphone, que ces consultations du registre se

fassentrégulièrement. Il est non moins utile que les vérifications en question ne soient pas négligées avant les travaux dans les conditions indiquées par le dernier alinéa de ce paragraphe.

Le titre III concerne les installations de traction par courant alternatif et ne donne lieu à aucune observation qui n'ait déjà été faite antérieurement.

La circulaire, à propos de ce titre signale l'importance des perturbations possibles dans les lignes télégraphiques et téléphoniques, la nécessité de les éviter et le droit de réquisition que l'Administration des Postes et des Télégraphes tient de la loi à cet égard.

Titre IV. — La circulaire indique que les prescriptions de l'arrêté ne sont pas limitatives.

Art. 79. — L'article 79 stipule que les dérogations sont accordées par le ministre des Travaux Publics après avis du Comité d'Électricité.

Art. 80. — L'article 80 fixe les délais d'application du nouvel arrêté aux installations existantes.

Circulaire et arrêté déterminant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique pour l'application de la loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie.

Le ministre à M. le préfet du département d...

Paris, le 30 juillet 1921.

J'ai l'honneur de vous adresser ci-joint ampliation d'un arrêté en date du 30 juillet 1921 par lequel j'ai déterminé, conformément à l'article 19 de la loi du 15 juin 1906 et après avis du comité d'électricité, les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique au point de vue de la sécurité des personnes et des services publics intéressés.

Je vous adresse en même temps les instructions nécessaires pour vous permettre d'en assurer l'application.

Dispositions générales. — Le nouvel arrêté et la présente circulaire abrogent et remplacent l'arrêté et la circulaire du 21 mars 1911 (1).

(1) Il est rappelé que l'arrêté et la circulaire du 21 mars 1911 abrogeaient et remplaçaient, à l'exception de la circulaire du 1er septembre 1909 sur les élagages, toutes les instructions techniques antérieurement en vigueur, notamment l'arrêté préfectoral du 15 septembre 1893, les instructions techniques annuelles émanant de l'administration des postes et des télégraphes et les dispositions techniques de l'instruction du 1er février 1907, relative à la traversée des chemins de fer.

L'arrêté est divisé en quatre titres, dont le premier comprend les dispositions communes à toutes les distributions d'énergie électrique, le second les dispositions spéciales à la traction par courant continu, le troisième les dispositions spéciales à la traction par courant alternatif et le quatrième des dispositions diverses, notamment les conditions et délais d'application de l'arrêté.

Le titre Ier débute par un préambule destiné à définir les installations auxquelles s'applique le présent arrêté. Ces installations sont celles qui constituent les ouvrages proprement dits de distribution d'énergie électrique et celles qui touchent à la traction électrique.

Pour éviter toute confusion, on a systématiquement réservé le terme « alimentation » aux installations de la distribution d'énergie électrique spéciale à l'alimentation de la traction, le terme « contact » aux installations spéciales de prise du courant de traction, et le terme « distribution » aux installations proprement dites de distribution d'énergie électrique.

Ainsi des canalisations aériennes, souterraines ou, d'une façon plus générale, des ouvrages faisant partie d'installations de distribution d'énergie électrique dépendant d'un réseau de traction, seront dénommés « canalisations aériennes d'alimentation », « canalisations souterraines d'alimentation ». Des canalisations aériennes, souterraines, ou des ouvrages dépendant d'installations proprement dites de distribution d'énergie électrique, seront dénommées « canalisations aériennes de distribution », « canalisations souterraines de distribution », « ouvrages de distribution ». Lorsqu'il y a transformation du courant la séparation entre le réseau de distribution et le réseau d'alimentation a lieu aux sous-stations et postes de transformation.

L'arrêté s'applique à tous les ouvrages empruntant en un point quelconque de leurs parcours le domaine public, ainsi qu'aux ouvrages établis exclusivement sur des terrains privés et s'approchant à moins de dix mètres de distance horizontale d'une ligne télégraphique ou téléphonique préexistante ; mais il ne s'applique ni aux usines de production d'énergie, ni aux ouvrages d'utilisation situés dans les usines ou autres immeubles. Ces usines ou ouvrages d'utilisation sont soumis aux dispositions du décret du 1er octobre 1913, édicté en exécution des lois des 26 novembre 1912 et 31 décembre 1912 sur l'hygiène et la sécurité des travailleurs dans les établissements industriels.

L'arrêté ne contient aucune prescription relative à la protection des sites que mentionne l'article 19 de la loi du 15 juin 1906. Je ne doute pas que les ingénieurs auront le plus grand souci de veiller à ce que l'établissement des ouvrages ne compromette pas le caractère artistique ou pittoresque des monuments, des paysages ou des rues, des

villes ; il peut néanmoins être utile toutes les fois que la situation le comportera, de consulter les fonctionnaires ou les commissions chargés, dans chaque circonscription administrative, de veiller à la conservation des monuments et des sites.

A cet égard il sera bon que les ingénieurs se mettent en rapport avec l'architecte départemental lorsque les projets seront de nature à modifier l'aspect des rues ou des promenades des villes. Si les travaux projetés intéressent un immeuble classé parmi les monuments historiques en vertu de la loi du 30 mars 1887, il pourra être utilement fait appel à l'architecte ordinaire des monuments historiques ; s'ils intéressent un paysage pittoresque, il y aura lieu, pour vous, de saisir la commission instituée dans votre département par la loi du 21 avril 1906 sur la conservation des sites et des monuments naturels.

Dispositions spéciales. — Le titre Ier de l'arrêté est divisé en cinq chapitres correspondant aux diverses questions que soulèvent l'établissement et l'exploitation des ouvrages dans leurs dispositions communes aux divers modes de distribution.

Le chapitre Ier contient les dispositions techniques générales applicables à tous les systèmes de distribution et d'alimentation et donne lieu de ma part aux observations suivantes :

Art. 1er. — Les installations sont classées en deux catégories suivant la plus grande tension de régime existant entre les conducteurs et la terre. Les dispositions adoptées sont les mêmes que celles du décret du 1er octobre 1913, relatif à la sécurité des travailleurs dans les établissements industriels qui mettent en œuvre des courants électriques.

Il ne faut pas toutefois conclure de cette classification que seuls, les ouvrages de deuxième catégorie peuvent présenter des dangers ; les limites indiquées pour la tension maximum de première catégorie correspondent aux installations usuelles, qui ne donnent lieu à des accidents que très exceptionnellement, mais il a été constaté que, dans certaines circonstances spéciales, des courants dont la tension est très inférieure à la limite adoptée, ont occasionné des électrocutions. Vous aurez à tenir compte de ce fait dans l'étude des installations de première catégorie.

Art. 3. — Les conditions exigées à l'article 6 pour la résistance mécanique des ouvrages donneraient, en ce qui concerne les supports en bois, une sécurité illusoire, si leur implantation dans le sol n'était pas faite avec précaution, notamment à une profondeur suffisante corrélative de leur hauteur. Vous aurez à vous assurer que l'implantation est faite dans les règles.

L'état de conservation des supports en bois portant des lignes de deuxième catégorie devra être l'objet de vérifications fréquentes, sur-

tout au voisinage des traversées de voies publiques, de voies ferrées, ainsi que les lignes télégraphiques, téléphoniques ou de signaux.

Dans les distributions de deuxième catégorie, les pylônes et poteaux métalliques devront être pourvus d'une bonne communication avec le sol. Pour que cette protection soit suffisante en cas de chute de conducteur, vous aurez à exercer une surveillance minutieuse sur les conditions de cette mise au sol des supports en métal. Je vous signale, parmi les dispositifs susceptibles d'être parfois appliqués avantageusement, celui qui consiste à relier les pylônes par un fil supérieur et à ne mettre en communication directe avec le sol que ceux d'entre eux pour lesquels il est possible de trouver une terre franche.

En ce qui concerne l'application du paragraphe 4, les deux dispositifs suivants peuvent être notamment employés pour empêcher, dans la mesure du possible, le public d'atteindre les conducteurs :

1° Fil de fer barbelé enveloppant le support dans le cas de poteaux en bois ou en ciment armé et les montants en fer dans le cas de pylônes métalliques, le fil de fer étant placé, à partir de 2 mètres du sol, sur une hauteur de 50 centimètres ;

2° Herses à piquants rigides entourant les supports.

Il convient de remarquer qu'aucun dispositif ne réussira à empêcher d'une manière absolue quelqu'un qui veut monter au poteau d'y parvenir. Ce n'est que par l'éducation du public, qui peut être obtenue surtout dans les écoles, qu'on pourra diminuer ces tentatives.

Les supports des installations de deuxième catégorie devront porter dorénavant l'inscription « Danger de mort », après les mots « Défense de toucher aux fils, même tombés à terre », afin qu'il apparaisse clairement aux yeux de tous que, si le danger de mort est réel et doit être explicitement signalé, il résulte du contact avec les fils. Il doit être bien entendu qu'il n'y a pas lieu d'exiger le remplacement des plaques qui étaient réglementaires jusqu'à présent.

Il est désirable qu'autant que possible, les lignes de deuxième catégorie d'une part, et les lignes télégraphiques, téléphoniques ou de signaux parallèles, d'autre part, ne soient pas placées du même côté des voies publiques.

Art. 4. — Les essais des isolateurs ne peuvent être pratiquement faits sur une ligne établie ; conformément à la pratique courante de l'industrie, les isolateurs seront essayés à l'usine avant livraison ; le service du contrôle pourra exiger la production du procès-verbal des essais.

Art. 5. — Le point le plus bas des conducteurs est maintenu à 6 mètres le long et à la traversée des voies publiques pour les distributions de première catégorie, à 6 mètres le long et à 8 mètres dans

les traversées des voies publiques pour les distributions de deuxième catégorie, mais à la condition que les minima prescrits soient observés strictement, même pendant les plus grandes chaleurs de l'été, de façon qu'il n'en résulte jamais de gêne pour la circulation (§ 2).

Il n'est fait d'exception que dans deux cas :

1° A la traversée des ouvrages construits au-dessus des voies publiques, où une hauteur inférieure à 6 mètres peut être admise, pourvu que la sécurité soit assurée par un dispositif spécial de protection, mais sans que la hauteur libre de 4 m, 30, à réserver au-dessus de la chaussée, puisse être diminuée ;

2° Le long et à la traversée des chemins ou partie de chemins, qui ne peuvent en aucun cas être accessibles aux véhicules et sur lesquels, en raison de cette circonstance, les canalisations sont simplement tenues d'être, en vertu du paragraphe 1er, hors de la portée du public.

Dans les parties en courbes des voies publiques, les poteaux ou pylônes devront être plus rapprochés que dans les alignements droits pour diminuer l'empiétement en projection horizontale des conducteurs sur la voie publique ; il importe d'éviter des contacts possibles avec des chargements élevés.

L'arrêté du 15 septembre 1893 fixait à 60 degrés l'angle minimum pour la traversée des routes par les conducteurs d'énergie. Ce minimum a été abaissé à 30 degrés (§ 4), afin de réduire le plus possible l'angle de la brisure dans la direction générale de la ligne. Cette brisure constitue, en effet, malgré la consolidation des supports, un point faible dans les canalisations. La disposition adoptée améliore les conditions de la sécurité.

Si des conducteurs d'énergie sont établis le long d'une voie publique qui en croise une autre sous un angle inférieur à 30 degrés, il n'y aura pas lieu de modifier leur alignement à la traversée (§ 4).

Les épissures et soudures interdites dans la traversée des voies publiques et dans les portées contiguës peuvent être autorisées à titre provisoire comme moyens de réparation (§ 5).

On peut réaliser les prescriptions du paragraphe 6, soit en plaçant sur les supports en question des cadres métalliques entourant tous les conducteurs (tels que les cadres de mise à la terre), soit en prolongeant les ferrures supportant les isolateurs par des cornes métalliques de forme et de longueur appropriées, qui maintiendraient ces conducteurs au cas où ils viendraient à abandonner l'isolateur.

Dans les lignes à supports en bois, la disposition qui consiste à compenser la traction des conducteurs sur un poteau d'angle ou sur le dernier poteau de la portée extrême par un hauban, constitué par un

fil attaché à la partie supérieure du poteau et ancré dans le sol au moyen d'un piquet implanté suivant la bissectrice de l'angle ou dans le prolongement de la portée terminus est dangereuse, lorsque le hauban vient à être rendu libre fortuitement par le désancrage du piquet en raison des déplacements qu'il subit alors sous l'action du vent ou par le fait des passants. Elle l'est surtout lorsque le point d'attache du hauban est *au-dessus* des conducteurs, les risques de contact du hauban avec un conducteur étant très grands dans ce cas et son électrisation devant presque fatalement se produire. Aussi, bien que l'arrêté n'interdise pas le haubannage, qui peut être motivé dans certains cas exceptionnels, vous voudrez bien en réduire l'emploi le plus possible et, quand vous l'autoriserez, veiller à ce que le point d'attache du hauban soit toujours au-dessous des conducteurs.

La position des conducteurs longeant un toit, telle qu'elle était définie par l'arrêté du 21 mars 1911, a donné lieu, de la part de quelques ingénieurs du contrôle, à une interprétation, d'après laquelle aucun fil d'énergie électrique ne pourrait être posé dans l'espace compris à l'intérieur de la partie de la circonférence de un mètre cinquante de rayon, décrite de l'arête des toitures comme centre et limitée, d'une part à la verticale, distante de un mètre du parement des façades, et, d'autre part, à la normale aux toitures passant par l'arête des gouttières.

Cette interprétation des termes de l'arrêté précédent constituait une réglementation trop rigoureuse, à laquelle le présent arrêté substitue un texte définissant l'enveloppe à l'intérieur de laquelle la présence d'un conducteur est interdite. Les croquis ci-après (1) traduisent ces dispositions dans le cas d'un toit en pente et dans celui d'un toit en terrasse. Ils accusent, par rapport aux prescriptions abolies, les atténuations introduites en ce qui concerne les conducteurs placés au-dessus des toits, la cote 50 centimètres (ou 1 mètre) qui les concerne ayant été déterminée par la considération qu'un objet glissant sur le toit ne puisse les toucher (§ 7).

Lorsque des conducteurs de première catégorie seront portés par les mêmes supports que des conducteurs de deuxième catégorie, il y aura lieu d'en vérifier avec le plus grand soin les conditions d'établissement et d'entretien, en particulier au voisinage des traversées de voies publiques et de voies ferrées, ainsi que des lignes télégraphiques, téléphoniques ou de signaux et des autres lignes électriques.

Art. 6. — L'article 6 définit les conditions dans lesquelles doivent être calculées les dimensions de tous les ouvrages de distribution et d'alimentation. Il y a lieu de tenir compte dans ce calcul non seule-

---

(1) Ces croquis n'ont pas été reproduits.



ment des charges permanentes que les organes ont à supporter, mais aussi des charges accidentelles qui peuvent se produire sous l'action du vent. Ces charges accidentelles peuvent d'ailleurs varier suivant la température. Par les temps froids, la flèche des conducteurs diminue, ce qui est défavorable à la solidité, mais, par contre, en général, dans ces circonstances, la violence du vent n'atteint pas le maximum constaté avec des températures moyennes. Il conviendra de faire le calcul dans les deux hypothèses et de retenir le résultat trouvé dans le cas le plus défavorable.

Dans ce calcul, il n'y a pas lieu de faire l'hypothèse d'une couche de verglas recouvrant les conducteurs, car cette couche ne se produit que très exceptionnellement en pratique, à raison de la chaleur développée par le passage même du courant.

Art. 7. — Dans les distributions de deuxième catégorie, les accidents présentent un caractère particulier de gravité et peuvent nécessiter la coupure du courant dans le plus bref délai possible. A cet effet, l'article 7 prévoit que chaque agglomération importante doit être reliée par un moyen de communication directe à l'usine génératrice ou au poste le plus voisin muni d'appareils de coupure. L'entrepreneur peut, pour réaliser cette liaison, faire usage d'une ligne téléphonique ou de communication par télégraphie sans fil, ou avoir recours à d'autres moyens, par exemple munir le personnel de surveillance de moyens de transport rapide (automobiles, bicyclettes, etc.). Il appartiendra au service du contrôle d'apprécier les propositions faites à cet effet par l'entrepreneur.

Dans les cas où la distribution est munie d'appareils de coupure à l'entrée de chaque agglomération, l'installation pourra être considérée comme répondant à la prescription de l'article 7 à la condition toutefois que l'entrepreneur ait pris toutes les mesures nécessaires pour que ces appareils puissent être manœuvrés efficacement quand il en sera besoin.

Dans les installations de traction de deuxième catégorie, l'article 7 prévoit que les conducteurs aériens devront être protégés par des dispositifs destinés à limiter l'intensité du courant.

Art. 8. — L'armure métallique d'un câble souterrain peut suffire comme protection mécanique de celui-ci ; mais les câbles souterrains ne sont pas nécessairement des câbles armés ; le paragraphe 2 prévoit, dans ce cas, la nécessité d'une protection mécanique.

Le chapitre II détermine les conditions spéciales auxquelles doivent satisfaire les ouvrages à la traversée des cours d'eau (section I), des voies ferrées des grands réseaux d'intérêt général à traction autre que la traction électrique par fil aérien (section II) et des voies ferrées d'in-

térêt local à traction autre que la traction électrique par fil aérien (section III).

La section I s'applique aux traversées des cours d'eau ; la rédaction de l'arrêté du 21 mars 1911 a été maintenue.

La section II est relative aux traversées des voies ferrées des grands réseaux d'intérêt général comportant un mode de traction autre que la traction électrique par ligne de contact aérienne ; les prescriptions de l'arrêté du 21 mars 1911 ont été maintenues presque intégralement. Il importe cependant de ne pas perdre de vue que les dispositions prescrites ne concernent pas les traversées de voies ferrées établies sur la voie publique, telles que les voies de quai, de raccordement industriel, etc., auxquelles resteront applicables les dispositions prévues pour les traversées de voies publiques.

Je signale, en outre, les points suivants :

Art. 24. — Les passages à niveau ne sont plus classés parmi les points qui doivent être choisis de préférence pour la traversée des chemins de fer ; la traversée aux passages à niveau crée, en effet, un risque pour la circulation publique. Il peut être avantageux toutefois, au lieu d'établir une traversée en pleine voie, de la placer à proximité d'un passage à niveau pour qu'elle puisse être surveillée par le garde-barrière. Mais ce n'est pas là une obligation ; il appartient aux services de contrôle d'adopter la solution la plus conforme aux intérêts en présence.

Le paragraphe 2 correspond à l'article 8 de l'ancienne instruction du 1er février 1907, mais il a reçu une rédaction un peu différente, afin de bien préciser que les appareils de coupure ne doivent pas nécessairement être établis dans le voisinage immédiat de la traversée ; il suffit que l'installation soit faite de manière qu'il soit possible de couper facilement le courant dans la traversée, en évitant tout retour de courant.

Art. 25 et 26. — Conformément à l'avis déjà exprimé précédemment par le comité d'électricité, il ne m'a pas paru nécessaire de fixer une limite pour la densité maximum du courant dans les canalisations aériennes et souterraines. Les nécessités industrielles obligent, en effet, les entrepreneurs à adopter des densités de courant bien inférieures à celles qui pourraient compromettre la sécurité.

En outre des points que je viens de rappeler, je vous signale les questions suivantes relatives à l'article 25.

Art. 25, § 2. — L'arrêté du 21 mars 1910 prescrivait d'une façon absolue que toute canalisation aérienne qui n'emprunte pas un ouvrage d'art doit franchir les voies ferrées d'une seule portée. La rédaction actuelle est moins absolue ; elle indique, en effet, que cette prescrip-

tion doit être observée « autant que possible ». Cette modification vise les cas particuliers, notamment celui des abords des gares où il peut y avoir un grand nombre de voies à traverser. Dans ce cas, il y a intérêt, au point de vue de la sécurité, à avoir un ou même, s'il y y a lieu, plusieurs supports intermédiaires.

Le même paragraphe prescrit de franchir les voies ferrées suivant une direction aussi voisine que possible de la normale et, en tout cas, suivant un angle d'au moins 60 degrés. A cet égard, il convient de veiller à ce que cette prescription n'amène pas à faire de la traversée et des portées contiguës une ligne brisée et à diminuer ainsi la solidité de la traversée. Il y a lieu d'éviter cet inconvénient et d'établir, autant que possible, en ligne droite, la traversée et les portées contiguës.

Art. 25, § 5. — La circulaire du 21 mars 1910 indiquait que le comité d'électricité continuait l'étude générale des traversées de chemins de fer et, en particulier, celle des isolateurs doublés.

Après étude approfondie, le comité estime qu'il n'y a pas lieu d'imposer un dispositif d'une manière exclusive. Il a reconnu qu'il existe un grand nombre de dispositifs satisfaisants permettant de doubler les conducteurs soit dans toute la portée de la traversée, soit au droit des isolateurs seulement. Il a donc estimé qu'il y avait lieu d'en signaler quelques-uns à titre d'exemple sans en imposer aucun.

Une planche schématique (1) avec légende donne les explications

---

(1) Cette planche n'a pas été reproduite en *Journal officiel*. Les dessins de cette planche sont accompagnés de la légende suivante :

Légende de la planche.

a) Deux isolateurs placés à la même hauteur et à côté l'un de l'autre, sur chaque support de la traversée. Le fil de ligne passe sur un des isolateurs. Un fil court est fixé à l'autre isolateur et relié au fil de ligne par deux ligatures soignées de part et d'autre de l'autre isolateur. De cette manière, le fil de ligne et son isolateur d'une part, le fil court et le deuxième isolateur d'autre part, travaillent en parallèle.

b) Même dispositif, mais avec l'isolateur n° 2 placé au-dessus et non à côté de l'isolateur n° 1. Ce deuxième isolateur devrait être d'un type plus résistant et éprouvé au double de la tension des isolateurs normaux de la ligne.

c) Avec trois isolateurs sur chaque support de la traversée. Les trois isolateurs sont placés à la même hauteur et à côté l'un de l'autre, dans le sens perpendiculaire au fil de ligne. L'isolateur du milieu supporte le fil de ligne qui est ininterrompu.

A droite, un fil court, fixé d'une part à l'isolateur de droite, d'autre part au fil de ligne par une ligature faite du côté de la traversée. A gauche, un deuxième fil court fixé de même à l'isolateur de gauche et au fil de ligne.

d) Même dispositif, mais chaque fil court est fixé avec fil de ligne par

nécessaires pour six dispositifs qui ont paru présenter une bonne garantie au point de vue de la sécurité.

Art. 25, § 8. — Les conditions que doivent offrir les isolateurs au point de vue de leur résistance mécanique restent réservés.

L'arrêté du 21 mars 1911 prévoyait un coefficient de sécurité au moins égal à 1,25 dans l'hypothèse de la rupture de tous les conducteurs placés d'un même côté. Cette disposition a soulevé des objections, d'où est résulté son remplacement par le texte du paragraphe 8 qui spécifie simplement que le coefficient de sécurité doit en pareil cas rester au moins égal à l'unité, mais en précisant que ce résultat doit être obtenu sans tenir compte de la butée des terres.

Art. 25, § 10. — Ce paragraphe est nouveau ; il vise les distributions qui traversent ou empruntent les lignes de chemins de fer d'intérêt général et prescrit des vérifications périodiques de ces installations.

Ces vérifications devront faire l'objet de procès-verbaux, mais il ne paraît pas utile d'établir à cet effet un modèle spécial et uniforme. Les constatations faites varieront évidemment, suivant les cas, de telle sorte qu'il vaut mieux laisser au service de contrôle le soin de rédiger le procès-verbal à son gré.

---

deux ligatures, l'une du côté traversé, l'autre sur la portée contiguë, de façon à équilibrer la traction sur chaque isolateur.

e) Trois isolateurs en triangle horizontal, le sommet du côté opposé à la traversée.

Le câble de ligne est fixé sur chaque support à deux de ces isolateurs en série. Un deuxième câble, dit câble porteur, de mêmes section et métal que le câble de ligne, le double dans la traversée. Ce câble porteur est ligaturé au câble de ligne, juste avant le support de la traversée, s'attache à l'isolateur de ligne placé du côté opposé à la traversée, s'attache ensuite à un isolateur spécial à ce câble, puis rejoint le câble de ligne auquel il est jonctionné tous les mètres.

La tension de chacun des deux câbles qui constituent la traversée est moitié de la tension du câble opposé à la traversée de manière à équilibrer les efforts sur le support.

Sur toute la longueur de la traversée, les jonctions sont de simples ligatures en fil de bronze, mais aux deux extrémités avant d'arriver aux supports, les deux câbles sont réunis par un joint spécial.

Ils sont également réunis par un joint spécial en dehors du support du côté opposé à la traversée.

f) Chaque conducteur est remplacé par un système de deux conducteurs câblés, fixés chacun par un isolateur. Les deux conducteurs sont dans un même plan horizontal ; ils sont reliés par des fils transversaux et diagonaux torsadés.

Si l'un des deux conducteurs vient à se rompre, il tombe et pend dans un plan vertical, toujours retenu cependant par les fils transversaux et diagonaux. L'aspect de ceux-ci est modifié, le service de la voie s'en aperçoit et fait le nécessaire.

Je dois encore appeler votre attention sur les dispositifs spéciaux de protection qui sont parfois employés pour la traversée des lignes de chemins de fer et sur l'interprétation qu'il convient de donner à la circulaire du 5 septembre 1908 qui a traité cette question.

Cette circulaire porte envoi du modèle d'arrêté préfectoral autorisant la traversée des voies ferrées et elle traite surtout des questions administratives que comporte la rédaction de cet arrêté. Toutefois, voulant citer un exemple des dispositions spéciales qui peuvent être reconnues nécessaires, en dehors des prescriptions de l'arrêté technique, elle indique les coffrages placés parallèlement à la voie ferrée et qui entourent sur trois côtés les lignes télégraphiques, etc., pour préserver ces lignes de tout contact dangereux avec les conducteurs d'énergie, si ces derniers viennent à se rompre. Certains intéressés en ont conclu que mon administration imposait ou recommandait l'emploi de ce coffrage.

Il importe de remarquer que, de l'avis du comité d'électricité, les prescriptions des articles 24 et 25 paraissent convenables pour assurer la sécurité et que, d'une manière générale, les filets offrent plus d'inconvénients que d'avantages. Toutefois si tous les intéressés, en l'absence de tout autre dispositif plus satisfaisant, sont d'accord pour réaliser l'installation d'un protecteur, cette installation devra être conforme à l'un des dispositifs indiqués ci-après.

Il peut y avoir deux types de dispositifs consistant : l'un dans un protecteur longitudinal parallèle aux voies ferrées, l'autre dans un protecteur transversal aux voies ferrées.

Protecteur longitudinal.

Le protecteur longitudinal se place au-dessus des fils télégraphiques, téléphoniques et de signaux ; il consiste en un grillage formant nappe horizontale, à mailles de 20 centimètres environ. Ce grillage doit avoir une largeur suffisante pour déborder les fils protégés de façon que, en cas de chute des conducteurs d'énergie, ces conducteurs ne puissent venir en contact avec les fils. Sa longueur, en dehors de la projection des conducteurs d'énergie, doit être égale à la distance séparant le grillage du conducteur d'énergie le plus élevé. Enfin ce grillage doit être relié à la terre et supporté par quatre poteaux qui peuvent être en bois.

Le dispositif qui vient d'être indiqué est différent du « coffrage » qui est cité par la circulaire du 5 septembre 1908, parce que l'expérience a démontré les inconvénients du « coffrage », notamment au point de vue de l'entretien des fils télégraphiques, téléphoniques et de signaux.

Protecteur transversal.

Le protecteur transversal se place au-dessous des conducteurs d'énergie et ses dispositions devront satisfaire aux prescriptions suivantes :

a) Il sera en forme d'U ou de V ouvert pour retenir les conducteurs s'ils viennent à tomber ;

b) Les mailles du filet auront au moins 40 centimètres, de manière à ne pas retenir la neige et le verglas ;

c) Un intervalle d'au moins 1 mètre le séparera partout du point le plus bas des conducteurs électriques et les dispositions seront telles que, quel que soit le vent, il ne puisse y avoir de contact accidentel entre les conducteurs et le filet ;

d) Le filet sera muni d'une bonne communication avec le sol ;

e) Le coefficient de sécurité de l'installation du filet sera égal à 10 ;

f) Dans le calcul prévu par l'article 25, paragraphe 8 de l'arrêté, en ce qui concerne le filet, on supposera que toutes les pièces de l'installation sont recouvertes par une couche de verglas de 5 millimètres d'épaisseur, dans l'hypothèse de la température minimum de la région (art. 6, § 1 *b* du présent arrêté) ;

g) La visite et l'entretien de ce filet n'auront lieu que dans les conditions fixées par ordre de service de la compagnie des chemins de fer, après accord avec l'entrepreneur de la distribution et avec toutes les précautions nécessaires pour assurer la sécurité du visiteur ; le courant, en particulier, sera supprimé pendant la visite ;

h) Il n'y a pas lieu, dans ce cas, de placer les cadres prévus à l'article 25, paragraphe 6, ces cadres faisant double emploi avec le filet.

Avant de quitter la section II, et pour répondre aux préoccupations de certains services de contrôle, je rappelle qu'une canalisation souterraine, empruntant la voie publique pour traverser un chemin de fer sous un passage inférieur sans avoir aucun contact avec les ouvrages de la ligne de chemin de fer peut être établie sans intervention du service du contrôle du chemin de fer et sans arrêté spécial d'autorisation pour la traversée. Cette remarque s'applique également à la section III ci-après.

Les prescriptions de la section III visent les traversées des voies ferrées des réseaux secondaires d'intérêt général et des réseaux d'intérêt local comportant un mode de traction autre que la traction électrique par ligne de contact aérienne.

Ces traversées présentent de nombreux points communs avec celles qui sont régies par la section II ; il a paru néanmoins que les différences existant entre ces deux sortes de voies ferrées justifiaient pour les secondes de notables atténuations aux prescriptions de la section II.

Le chapitre III indique les dispositions spéciales applicables aux canalisations d'alimentation ou de distribution traversant ou avoisinant des installations de traction électrique pour voies ferrées.

Il a paru en effet préférable, en raison de la complication qu'apporte à la traversée la présence de l'installation électrique qui alimente la traction sur la voie ferrée traversée, de traiter ce cas d'une manière distincte de celui des voies ferrées à traction autre que la traction électrique.

Certaines prescriptions visent la traversée ou le voisinage d'ouvrages de distribution.

La section I donne quelques indications spéciales aux ouvrages d'alimentation et de distribution en rappelant que les questions relatives aux rails de roulement envisagés comme partie du circuit électrique et aux canalisations voisines de ces rails sont traitées dans les titres suivants de l'arrêté.

Dans la section II, on se borne à rappeler que les dispostions très complètes des articles 24, 25 et 26 s'appliquent sans modifications au cas envisagé.

Dans la section III, au contraire, on a développé les dispositions spéciales nécessitées par l'existence de la traction électrique sur la voie ferrée traversée. Il a paru nécessaire d'envisager séparément le cas où les conducteurs qui croisent sont de 2e catégorie (art. 32), le cas où la ligne de contact est de 2e catégorie, mais les conducteurs de distribution ou d'alimentation de 1re catégorie (art. 33), et enfin le cas où tous les ouvrages sont de 1re catégorie (art. 34).

Les dispositions de ces divers articles s'inspirent de celles des chapitres Ier et II ; leur rigueur va en s'atténuant au fur et à mesure de la diminution des dangers que présentent les ouvrages. Elles ne semblent pas nécessiter d'explications particulières ; il y a lieu seulement de remarquer, en ce qui concerne l'application de la disposition générale de l'article 29, paragraphe 2, qu'il est nécessaire que la distance à laquelle peut arriver l'appareil de prise de courant ne soit pas inutilement augmentée en cours d'exploitation par le concessionnaire de la voie ferrée.

Le chapitre IV traite de la protection des lignes télégraphiques, téléphoniques ou de signaux, et appelle les observations suivantes :

Le voisinage de ces lignes et des lignes de distribution ou d'alimentation doit être l'objet d'une attention particulière, l'indication d'une distance minimum de 1 mètre ou de 2 mètres entre ces lignes, sauf lorsque les conducteurs d'énergie sont fixés sur toute leur longueur, n'exclut nullement l'adoption d'un plus grand écartement s'il est pratiquement et raisonnablement réalisable.

D'autre part, il convient de chercher à supprimer les croisements toutes les fois qu'il est possible de le faire moyennant une modification des lignes télégraphiques, téléphoniques ou de signaux n'entraînant qu'une dépense raisonnable à la charge des entrepreneurs de distributions.

J'attire également votre attention sur la nouvelle disposition qui fait l'objet du sixième alinéa du paragraphe 4 de l'article 35 et qui précise certaines précautions supplémentaires dans le cas où une ligne de distribution ou d'alimentation croise simultanément, dans la même portée, une ligne de contact et des fils télégraphiques, téléphoniques et de signaux. Ces précautions supplémentaires ne devront d'ailleurs être employées que s'il n'est pas possible de supprimer ces doubles croisements, par exemple en plaçant un appui intermédiaire.

Quand les lignes télégraphiques, téléphoniques ou de signaux ne peuvent être placées au-dessous des conducteurs d'énergie, il convient de les consolider, s'il y a lieu, pour éviter leur rupture, indépendamment du dispositif de garde solidement établi entre les deux sortes de conducteurs. Au sujet de ce dispositif de garde, je crois utile de vous signaler qu'il convient de renoncer d'une façon définitive aux baguettes de protection en bois placées sur le fil de contact ; ce système de protection ne devra donc pas être admis pour les installations nouvelles ; pour les anciennes où il est encore en usage, son emploi devra être abandonné progressivement, au fur et à mesure de la mise hors service des dispositifs existants.

A l'article 36, les distances antérieurement exigées entre lignes de différente nature ont été réduites.

Le chapitre V renferme les prescriptions relatives à l'entretien des ouvrages et à l'exploitation des installations.

Art. 38. — Les dispositions prévues antérieurement pour les travaux effectués sur les conducteurs sous tension ont été étendues aux lignes et pièces métalliques placées dans le voisinage de ces conducteurs.

Art. 39. — Je rappelle que les conditions d'application de l'article 39 relatif à l'élagage des plantations ont été précisées par la circulaire du 1er septembre 1909 à laquelle il y a lieu de se référer. Il importe de faciliter le plus possible l'exécution des élagages en raison des nombreuses interruptions de service dont la cause est uniquement attribuable à des branches d'arbres.

Le titre II précise les prescriptions spéciales applicables aux installations de traction électrique par courant continu.

Il est à peine besoin de signaler que la stricte observation de ces prescriptions ne suffit pas à exonérer les entrepreneurs de leur respon-



sabilité vis-à-vis des tiers auxquels leurs installations viendraient à causer des dommages soit par induction, soit par électrolyse, soit pour tout autre motif.

Ces prescriptions, en effet, dont le but est d'éviter, dans la plupart des cas, que l'entreprise de traction ne cause des dommages aux tiers, ne sauraient avoir pour résultat d'éviter ces dommages dans tous les cas. Dans les cas particuliers où de pareils dommages se produiraient, il y aurait lieu pour l'entreprise de traction d'indemniser les tiers auxquels dommage aurait été causé.

Le chapitre I[er] vise les installations de traction empruntant la voie publique. Ce cas comprend tous les tramways urbains et nombre de voies ferrées d'intérêt local interurbaines ; il peut s'appliquer également, mais à titre exceptionnel, à certains tronçons de voies ferrées d'intérêt général.

La section I indique les dispositions applicables aux lignes de contact.

Le paragraphe 2 de l'article 42 apporte une modification importante à une disposition de l'arrêté du 21 mars 1911. Il précise en effet que les fils transversaux, qui devaient jusqu'à présent être isolés des fils de contact et de la terre, ne seront plus isolés de leurs supports, l'isolateur supplémentaire qui était placé jusqu'à présent au voisinage de l'attache au support devant être au contraire reporté le plus près possible du fil de contact dans la limite voulue pour que la perche du trolley ou l'archet ne risque pas en cas de déraillement de venir toucher en même temps le fil de contact et le fil transversal de suspension.

Art. 43. — Le paragraphe 2 apporte une dérogation importante aux prescriptions antérieures en autorisant les traversées des voies publiques par des fils de contact de deuxième catégorie à une hauteur comprise entre six et huit mètres pourvu que la traversée comporte, dans ce cas, un dispositif apparent d'avertissement.

Il n'a pas paru nécessaire, ni avantageux pour l'industrie, de préciser dès à présent quelles formes pourra revêtir ce dispositif d'avertissement, qui ne sera pas à proprement parler un dispositif de protection, mais devra signaler clairement la traversée afin qu'elle ne soit pas aperçue trop tardivement par les usagers de la voie publique. Il appartiendra au service du contrôle de concilier dans l'examen des propositions qui seront présentées, la nécessité d'avertissement ainsi reconnue avec le devoir de ne pas imposer à l'entreprise des obligations qui ne soient pas pleinement justifiées.

Le paragraphe 3 relève dans un but de sécurité le diamètre minimum des fils de contact pour les nouvelles installations. Il est, en

effet, inutile d'exiger le remplacement des fils de contact de diamètre moindre qui pourraient exceptionnellement être en service dans les installations existantes, si le faible diamètre de ces fils n'entraîne pas d'accidents dans ces installations.

L'article 44 admet une réduction des coefficients de sécurité des lignes de contact de deuxième catégorie. Les coefficients respectifs de *trois* et de cinq prévus pour les lignes d'alimentation entraînent, en effet, des flèches incompatibles avec le bon fonctionnement de l'appareil de prise de courant. Il va sans dire que l'entretien des lignes qui jouiront de cette dérogation devra être assuré avec un soin particulier.

En raison des conditions de leur installation et de leur exploitation, les ouvrages des entreprises de traction à courant continu bénéficient (art. 45) des tolérances admises pour l'établissement des installations de première catégorie tant que la tension entre les conducteurs et la terre ne dépasse pas 1.500 volts. L'établissement des ouvrages servant à la traction par l'électricité est ainsi facilité, autant que le permet le souci de la sécurité et dans une mesure plus large que jusqu'à présent, la limite de 1.000 volts prévue par l'arrêté du 21 mars 1911 ayant été reconnue insuffisante.

L'entretien des ouvrages pour lesquels cette tolérance est admise devra être assuré avec un soin tout particulier.

La section II indique les prescriptions relatives à l'utilisation des rails de roulement comme conducteurs de courant.

Art. 46. — Il importe que le service du contrôle assure strictement l'exécution de toutes les mesures jugées nécessaires dans chaque cas pour protéger contre l'action nuisible des courants dérivés les masses métalliques voisines de la ligne de traction et notamment les lignes télégraphiques ou téléphoniques et les lignes de signaux ainsi que les autres lignes électriques.

Les lignes télégraphiques, téléphoniques ou de signaux peuvent être unifilaires ; les dispositions de l'article 46 s'appliquent en principe à ces lignes. Il peut cependant arriver qu'il y ait de réelles difficultés à protéger ces lignes unifilaires, alors que la protection de circuits bifilaires n'empruntant ni le sol, ni les voies serait aisée, et que l'établissement de pareils circuits bifilaires ne présente aucune difficulté sérieuse. Il demeure entendu qu'en pareil cas le possesseur des circuits unifilaires ne saurait s'opposer à ce qu'ils soient mis au double fil.

L'article 17 introduit une innovation importante par la division des réseaux en une zone urbaine et une zone suburbaine. Cette division, qui répond à la réalité dans la plupart des entreprises de traction, se

justifie aisément par la double considération que les prescriptions imposées dans la zone urbaine deviennent facilement prohibitives si on les applique à de longues prolongations suburbaines, alors qu'elles se justifient moins parce que les dangers d'électrolyse, notamment, deviennent moindres, dans la plupart des cas, pour ces lignes suburbaines.

La répartition des lignes entre la zone urbaine et la zone suburbaine devra donc être faite avec le plus grand soin lors de l'instruction des projets. Cette répartition sera toujours revisable d'un commun accord entre le concessionnaire et le service du contrôle; en cas de désaccord, le dossier me sera renvoyé et je statuerai après avis du comité d'électricité. Je signale à ce sujet, qu'en vue d'avantager les lignes suburbaines pour lesquelles les dangers d'électrolyse sont notablement diminués, les chutes moyennes de tension seront déterminées non plus pendant la durée effective de la marche normale des voitures, mais sur une période de vingt-quatre heures consécutives. Cette manière de procéder supprimera en outre les contestations qui s'élevaient très souvent à propos de l'exploitation des lignes suburbaines dont le trafic est généralement peu important. Pour les lignes urbaines, les chutes moyennes de tension continueront à être calculées sur la durée effective du service, mais la nouvelle rédaction est plus précise que l'ancienne, ce qui permettra d'éviter des difficultés d'interprétation.

Art. 48. — Je signalerai tout d'abord, en attirant l'attention sur les indications du paragraphe 1er, la nécessité pour le service du contrôle d'exiger de la part des entreprises qui utilisent les rails comme conducteurs de courant, la vérification périodique de la conductance de a voie qui peut être faite tout d'abord par grandes longueurs, puis par sections plus petites, si le résultat n'est pas satisfaisant, jusqu'à ce que l'on ait trouvé les points où l'éclissage électrique est défectueux.

Le paragraphe 2 introduit, pour la limite de résistance électrique des joints de rails, une définition plus satisfaisante que celle qui avait été précédemment adoptée. On a soin toutefois d'établir en note, l'équivalence entre les conductances ainsi définies et celle des longueurs des rails à comparer. Cette équivalence, qui sera déterminée une fois pour toutes pour chaque tronçon de voie ferrée, au moins tant que le service moyen ne sera pas modifié, permet des mesures par comparaison qui sont beaucoup plus aisées que la détermination de la chute de tension moyenne dans le joint et présentent en outre l'avantage que les essais se font indépendamment de la valeur du courant qui circule dans le joint et le rail voisin ; il y aura lieu d'accepter dans la pratique ce mode de procéder chaque fois que la demande en sera faite par le concessionnaire de traction.

Le paragraphe 3 précise un peu plus qu'il n'avait été fait précédemment la question des connexions transversales. Il est bien entendu que des voies placées sur accotement de part et d'autre d'une voie publique ne seront pas considérées comme juxtaposées.

L'article 49 apporte également une innovation importante par l'obligation imposée au concessionnaire de justifier que les chutes de tension prévues ne seront pas dépassées en moyenne en admettant comme base du calcul qu'il n'y ait aucune dérivation dans le sol.

L'article 50 indique les chutes de tension moyennes par kilomètre et précise en même temps que cette perte de charge doit être effectivement mesurée sur un kilomètre de voie et non pas sur une longueur arbitraire dont la chute de tension serait ensuite ramenée à la perte de charge kilométrique par une règle de trois. Ces mesures donnent, sur des longueurs quelconques, des résultats qui peuvent être très différents de la perte de charge sur un kilomètre et même très différents les uns des autres selon la longueur de voie adoptée pour l'essai sur un même kilomètre.

Le paragraphe 2 de l'article 50 permet des dérogations lorsque les conduites métalliques s'éloignent des rails, sous réserve qu'il n'en résulte aucun inconvénient. Ces dispositions découlent naturellement du fait que la densité du courant de retour dans le sol décroît rapidement à mesure que l'on s'écarte du rail; elles résultent d'essais expérimentaux et ne paraissent pas devoir présenter d'inconvénients si les réserves formulées sont observées exactement.

Les dispositions de ce paragraphe s'appliquent en principe aux lignes télégraphiques, téléphoniques ou de signaux unifilaires. S'il arrive qu'il y ait de réelles difficultés à protéger ces lignes unifilaires, alors que la protection de circuits bifilaires n'empruntant ni le sol ni les voies serait aisée, et que l'établissement de pareils circuits bifilaires ne présente aucune difficulté sérieuse, il demeure entendu qu'en pareil cas le possesseur des circuits unifilaires ne saurait s'opposer à ce qu'ils soient mis au double fil.

L'article 51 innove aussi en précisant divers points relatifs aux artères de retour, et notamment en fixant le degré d'équipotentialité qu'il y a lieu d'exiger entre les points de connexion de ces artères avec les rails. Il ne paraît, en effet, ni nécessaire, ni même toujours avantageux de réaliser une équipotentialité parfaite de ces points de connexion et il est préférable de fixer une limite à leurs différences de potentiel moyennes.

L'article 52 introduit de même des dispositions nouvelles en ce qui concerne la résistance électrique entre les rails et les conduites souterraines. La réalisation de résistances appréciables entre les rails et

les conduites se heurte dans la pratique à de réelles difficultés; il a été cependant jugé indispensable de signaler l'importance de cet élément et la nécessité de réaliser de pareilles résistances dans la mesure du possible. En particulier, le second alinéa du paragraphe 2 interdit l'emploi, parfois préconisé dans le passé, mais reconnu franchement mauvais, de connexions métalliques entre les conduites et les rails. Les paragraphes 3 et 4 fixent les distances qui doivent être maintenues entre les rails et les conduites.

Enfin, l'article 53 précise certaines dispositions nécessaires à la surveillance des réseaux.

Le chapitre 2 vise les installations de traction à courant continu établies sur plateforme indépendante.

Par suite de leur développement relativement restreint, ces installations n'ont fait, jusqu'à ce jour, l'objet d'aucune réglementation spéciale. Il ne peut plus en être de même actuellement en raison de l'extension considérable que la traction électrique est appelée prochainement à prendre sur les voies ferrées d'intérêt général et d'intérêt local. Il a été jugé indispensable d'édicter, dès à présent, avant que les principales installations prévues aient été réalisées, un ensemble de règles destinées à assurer la sécurité des entreprises avoisinant les ouvrages d'alimentation et les lignes de contact.

En principe, les installations auxquelles s'applique le nouveau texte sont supposées établies sur traverses en bois et ballast, le ballast étant disposé de telle sorte qu'il ne touche pas les rails et ne recouvre pas les traverses en bois (art. 58, § 3). Ce cas comprend la presque totalité des voies ferrées d'intérêt général, les lignes de chemins de fer métropolitains, tel que le chemin de fer Métropolitain et le chemin de fer souterrain Nord-Sud de Paris, la plupart des voies ferrées d'intérêt local, et peut s'appliquer également, mais à titre exceptionnel, à certains tramways suburbains ou interurbains.

Un grand nombre de dispositions du chapitre précédent s'appliquent, sous réserve des modifications nécessaires, à ces installations, comme l'indique l'article 54. C'est ainsi que les justifications à fournir en vertu de l'article 53 ne s'appliquent plus, dans ce cas, aux calculs indiqués à l'article 49, mais aux dispositions plus générales du présent chapitre.

Les principales différences avec les entreprises empruntant la voie publique résultent, d'une part, de ce que les rails de roulement peuvent être beaucoup mieux isolés de la terre (art. 58, § 3); d'autre part, de ce que ces rails sont en général beaucoup plus éloignés des conduites métalliques susceptibles de souffrir de phénomènes électrolytiques et, enfin, de ce que les courants employés sont, dans la plupart des cas, beaucoup plus intenses.

Les deux premières conditions permettent d'admettre des chutes de tension dans les rails beaucoup plus élevées qu'au chapitre Ier, ce que rend d'ailleurs indispensable la troisième condition. Il n'a même pas paru possible de limiter ici ces chutes de tension comme il avait été fait au chapitre Ier, par des nombres précis, mais seulement par la condition qu'il n'en résulte aucun inconvénient.

Dans les installations empruntant les voies publiques, et sous réserve des cas très exceptionnels où la prise de courant se fait en caniveau souterrain, les lignes de contact sont forcément aériennes. Dans les cas d'emploi d'une plateforme indépendante, la ligne de contact peut être soit aérienne, soit à fleur de sol : on a, dans ce dernier cas, donné au conducteur de contact la dénomination spéciale de « rail de contact » (art. 55), en réservant le nom de « fil de contact » (art. 54) au cas de la ligne aérienne.

La section I indique les dispositions applicables aux lignes aériennes de contact.

Il est bien entendu que, pour les installations de voies ferrées établies sur presque toute leur longueur, sur plateforme indépendante, et empruntant ou ne croisant la voie publique qu'en certains points relativement distants, comme c'est le cas, par exemple, des passages à niveau sur les voies ferrées d'intérêt général, les prescriptions édictées par le chapitre Ier du titre II, concernant les installations de traction sur voie publique, ne seront applicables qu'aux points d'emprunt ou de croisement.

En raison des conditions de leur installation et de leur exploitation, les ouvrages des entreprises de traction à courant continu sur plateforme indépendante bénéficient (art. 57) de certaines prescriptions prévues pour les installations de première catégorie tant que la tension entre les conducteurs et la terre ne dépasse pas 1.500 volts.

Cette tolérance déjà admise pour les installations de traction électrique à courant continu établies sur voies publiques peut, sans inconvénient, être étendue aux installations de traction électrique à courant continu sur plateforme indépendante ; elle contribuera à faciliter l'électrification des lignes de chemins de fer, qui répond, comme il a été dit précédemment, à un intérêt national des plus immédiats.

Il convient de rappeler que, tout aussi bien que pour les installations de traction sur voies publiques, l'entretien des ouvrages bénéficiant de cette tolérance doit être effectué avec le plus grand soin, afin d'assurer la sécurité des voyageurs et du personnel.

Il y a lieu de noter que les dispositions de sécurité adoptées pour les fils de contact s'appliquent aux câbles de support des lignes caténaires, qui se trouvent généralement portés au même potentiel que les fils de contact eux-mêmes.



L'article 56 admet, comme pour les installations sur voie publique, une réduction du coefficient de sécurité applicable aux installations des lignes de contact de deuxième catégorie ; il maintient un coefficient plus élevé dans le cas de tension au-dessus de 1.500 volts pour les installations faites dans les parties des gares et stations ouvertes au public, les conséquences des accidents pouvant y prendre une importance particulière.

La section II concerne les dispositions relatives à l'utilisation des rails de roulement comme conducteurs de courant. Lorsque des installations de traction établies normalement sur plateforme indépendante emprunteront exceptionnellement la voie publique soit sur des longueurs relativement faibles, soit en des points distants les uns des autres, comme c'est le cas des passages à niveau, les prescriptions de la section II pourront, en principe, rester applicables aux installations faites sur la voie publique; mais dans les cas où ces emprunts présenteraient une importance particulière, soit par suite de leur longueur, soit par suite de la présence de canalisations ou masses métalliques souterraines, il appartiendrait au service du contrôle d'examiner dans chaque cas d'espèce, avec les autres services intéressés et avec le concessionnaire, les dispositions que la sécurité pourrait exiger.

Le titre III précise les prescriptions applicables aux installations de traction électrique par courant alternatif, qu'elles soient établies sur voies publiques ou sur plateformes indépendantes.

Comme il a été rappelé au titre II, la stricte observation de ces prescriptions ne suffit pas à exonérer les entrepreneurs de leur responsabilité vis-à-vis des tiers, auxquels leurs installations viendront à causer des dommages soit par induction, soit par électrolyse, soit pour tout autre motif.

Les installations de traction électrique par courant alternatif établies sur voie publique ou sur plateforme indépendante, ne présentent pas de différences importantes ; les prescriptions qui les concernent ont été réunies en un seul chapitre.

Les dispositions relatives aux lignes aériennes de contact (section I) restent à peu près les mêmes que celles se rapportant aux autres systèmes de traction (art. 62, 64 et 65).

A l'exemple de ce qui a été adopté pour la traction à courant continu, les ouvrages des entreprises de traction à courant alternatif, de même que les lignes placées sur les mêmes supports, bénéficient de certaines prescriptions prévues pour les installations de première catégorie tant que la tension entre les conducteurs et la terre ne dépasse pas 600 volts (art. 63).

L'entretien des ouvrages auxquels cette tolérance est applicable doit être effectué avec le plus grand soin.

L'article 66 prévoit des mesures spéciales pour supprimer le courant sur certaines sections de voies non parcourues de façon permanente par les trains, lorsque les manœuvres n'y sont pas nécessaires.

Les prescriptions de la section II sont sensiblement différentes de celles prévues pour l'utilisation des rails de roulement comme conducteurs de courant dans le cas des installations à courant continu.

Un certain nombre de mesures a été préconisé pour maintenir la conductance des rails (art. 68 et 69).

Des dispositions spéciales devront, en cas de besoin, être réalisées pour éviter les perturbations nuisibles au bon fonctionnement des lignes télégraphiques, téléphoniques ou de signaux situées au voisinage de la voie. Il est, en effet, incontesté que, d'après la législation existante, les circuits électriques de traction ne doivent pas créer de perturbation nuisible sur ces lignes ; en particulier, l'article 17 de la loi du 15 juin 1906 donne à l'administration des postes et des télégraphes, dans son premier alinéa, et aux fonctionnaires chargés de la surveillance de tout service public, dans son deuxième alinéa, le droit de réquisition à l'effet de prendre toutes mesures nécessaires pour prévenir ou faire cesser de pareilles perturbations.

Il est donc de l'intérêt commun du concessionnaire et des services publics intéressés que l'étude des perturbations possibles soit faite avant la mise en exploitation des installations et que les mesures nécessaires aient été prises pour éviter, dans la mesure où les prévisions sont possibles, toute perturbation nuisible sur les lignes voisines.

Divers procédés ont été préconisés dans ce but, mais leur efficacité n'a pas été assez nettement établie à ce jour pour qu'ils puissent faire l'objet de dispositions réglementaires. Il y aura lieu, en conséquence, de faire l'étude de chaque installation de ce genre à titre de cas d'espèce.

La section III précise quelques prescriptions de sécurité applicables au matériel roulant.

Le titre IV contient diverses dispositions nécessaires pour l'application de l'arrêté. Vous remarquerez que les dispositions de l'arrêté sont obligatoires et qu'il ne peut y être dérogé que par décision ministérielle, mais elles ne sont pas limitatives. Lorsque les circonstances locales l'exigent, le service du contrôle peut imposer pour l'établissement des installations toutes les mesures nécessaires pour assurer la sécurité.

Dans cet ordre d'idées, j'appelle tout particulièrement votre attention sur les conditions d'implantation et d'établissement des lignes, notamment en pays de montagne, au point de vue des mesures à

prendre contre les dangers que peuvent présenter éventuellement les éboulements, les torrents, les avalanches, etc.

Vous remarquerez également que l'arrêté ne contient aucune disposition spéciale concernant les installations à très haute tension. L'établissement de ces installations nécessite toutefois une étude particulièrement attentive des projets d'exécution en raison des dangers qu'elles présentent.

Vous voudrez bien, en conséquence, avant de statuer, me communiquer, avec vos propositions, les projets de toutes les installations dont la tension de régime dépasse 100.000 volts. Après examen, je vous renverrai les projets avec mes instructions.

YVES LE TROCQUER.

[30 juillet 1921.]

Le ministre des travaux publics,

Vu la loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie et notamment les articles 2, 4 et 19 de ladite loi ;

Vu les avis du comité d'électricité, du comité de l'exploitation technique des chemins de fer et du conseil général des ponts et chaussées ;

Sur la proposition du directeur des forces hydrauliques et des disbutions d'énergie électrique,

Arrête :

TITRE I[er]

DISPOSITIONS COMMUNES

Préambule.

Le présent arrêté édicte les prescriptions relatives aux installations de distribution d'énergie, qui comprennent :

1° Les ouvrages proprement dits de distribution d'énergie électrique ;

2° Les ouvrages de traction électrique, savoir :

a) Les ouvrages d'alimentation depuis les sous-stations ou postes de transformation ou, lorsque le courant est fourni sans transformation, depuis la station génératrice jusqu'à la ligne de contact ;

b) Les lignes de contact, comprenant les fils ou rails de contact proprement dits, les conducteurs de suspension et les conducteurs transversaux ;

c) Les voies ferrées.

CHAPITRE Ier

Dispositions techniques générales.

Section I. — Classement des ouvrages de distribution et d'alimentation et prescriptions générales relatives a la sécurité

Classement des ouvrages de distribution et d'alimentation en deux catégories.

Art. 1er. — Les ouvrages de distribution d'énergie électrique et d'alimentation doivent comporter des dispositifs de sécurité en rapport avec la plus grande tension de régime existant entre les conducteurs et la terre (1).

Suivant cette tension, les ouvrages sont divisés en deux catégories :

1re catégorie.

A. — Courant continu. — Ouvrages de distribution et d'alimentation dans lesquels la plus grande tension de régime entre les conducteurs et la terre ne dépasse pas 600 volts.

B. — Courant alternatif. — Ouvrages de distribution et d'alimentation dans lesquels la plus grande tension efficace entre les conducteurs et la terre ne dépasse pas 150 volts.

2e catégorie.

Ouvrages de distribution et d'alimentation comportant des tensions respectivement supérieures aux tensions ci-dessus.

Prescriptions générales relatives à la sécurité.

Art. 2. — Les dispositions techniques adoptées pour les ouvrages de distribution et d'alimentation et les lignes de contact, ainsi que les conditions de leur exécution, doivent assurer, d'une façon générale, le maintien de l'écoulement des eaux, de l'accès des maisons et des propriétés, des communications télégraphiques et téléphoniques, de la liberté et de la sûreté de la circulation sur les voies publiques empruntées, la protection des paysages, ainsi que la sécurité des services publics, celle du personnel de l'exploitation et celle des habitants des communes traversées.

Section II. — Canalisations aériennes

Supports.

Art. 3, § 1er. — Les supports en bois doivent être prémunis contre les actions de l'humidité et du sol.

(1) Dans les distributions triphasées, cette tension est évaluée par rapport au point neutre supposé à la terre.



§ 2. — Dans les installations de deuxième catégorie, les pylônes et poteaux métalliques sont pourvus d'une bonne communication avec le sol.

§ 3. — Dans le cas où les supports non métalliques sont munis d'un fil de terre, ce fil est pourvu, sur une hauteur minimum de 3 mètres, à partir du sol, d'un dispositif le plaçant hors d'atteinte.

§ 4. — Dans les installations de deuxième catégorie, les poteaux et pylônes sont munis, à une hauteur d'au moins 2 mètres au-dessus du sol, d'un dispositif spécial pour empêcher, autant que possible, le public d'atteindre les conducteurs. En outre, chaque support porte l'indication : « Défense absolue de toucher aux fils même tombés à terre », suivie des mots : « Danger de mort » en gros caractères.

§ 5. — Tous les supports sont numérotés. Les supports en bois sont, en outre, marqués au millésime de l'année d'implantation.

§ 6. — Dans la traversée des voies publiques, les supports doivent être aussi rapprochés que possible.

Isolateurs.

Art. 4. — Les isolateurs employés pour les distributions de deuxième catégorie doivent être essayés dans les conditions ci-après :

Lorsque la tension à laquelle est soumis l'isolateur en service normal est inférieure ou égale à 10.000 volts, la tension d'essai est le triple de la tension en service.

Lorsque la tension de service normal est supérieure à 10.000 volts, la tension d'essai est égale à 30.000 volts, plus deux fois l'excès de la tension du service sur 10.000 volts.

Conducteurs.

Art. 5, § 1er. — Les conducteurs doivent être placés hors de la portée du public.

§ 2. — Le point le plus bas des conducteurs et fils de toute nature doit être :

a) Pour les distributions de première catégorie, à six mètres, au moins, le long et à la traversée des parties de voies publiques accessibles aux véhicules ;

b) Pour les distributions de deuxième catégorie, à six mètres, au moins, le long, et à huit mètres, au moins, dans les traversées des parties de voies publiques accessibles aux véhicules.

Néanmoins, des canalisations aériennes pourront être établies à moins de six mètres de hauteur : 1° à la traversée des ouvrages construits au-dessus des voies publiques, à la condition de comporter, dans toute la partie à moins de six mètres de hauteur, un dispositif de protection spécial en vue de sauvegarder la sécurité ; 2° le long et

à la traversée des chemins qui ne peuvent, en aucun cas, être accessibles aux véhicules.

§ 3. — Le diamètre de l'âme métallique des conducteurs d'énergie non câblés ne peut être inférieur à trois millimètres. Toutefois, ce diamètre peut être abaissé à deux millimètres et demi pour les branchements particuliers ou de canalisations d'éclairage public de première catégorie qui ne croisent pas des lignes télégraphiques ou téléphoniques placées au-dessous.

En ce qui concerne les câbles, le diamètre limite autorisé dans chaque cas est celui qui donne une section utile de cuivre égale à celle qui résulte du diamètre prescrit ci-dessus pour un conducteur formé d'un fil unique.

§ 4. — Dans la traversée d'une voie publique, l'angle de la direction des conducteurs et de l'axe de la voie est égal au moins à 30 degrés, à moins que les conducteurs ne soient établis le long d'une seconde voie publique traversant la première sous un angle moindre.

§ 5. — Dans la traversée et dans les portées contiguës, il ne doit y avoir sur les conducteurs ni épissures ni soudures ; les conducteurs sont arrêtés sur les isolateurs des supports de la traversée et sur les isolateurs des supports des portées contiguës.

§ 6. — Dans les distributions de deuxième catégorie, les mesures nécessaires sont prises pour que, dans les traversées et sur les appuis d'angle, les conducteurs d'énergie électrique, au cas où ils viendraient à abandonner l'isolateur, soient encore retenus et ne risquent pas de traîner sur le sol ou de créer des contacts dangereux.

§ 7. — Dans le voisinage des maisons, les conducteurs, qui doivent être en tout cas hors de la portée des habitants, sont placés en dehors d'une zone de protection limitée par un plan vertical, parallèle au mur de façade, distant de 1 mètre au moins, et par un plan incliné, parallèle au toit en pente, distant verticalement de 2 mètres au moins, ou par un plan horizontal parallèle au toit en terrasse, distant verticalement de 3 mètres au moins.

Dans le cas des toits à la Mansard, la portion de toit dont l'inclinaison sur l'horizontale sera supérieure à 45 degrés est assimilée à la partie verticale du mur de façade, c'est-à-dire que la zone de protection y sera limitée par un plan parallèle à la paroi distant de 1 mètre au moins.

Les conducteurs situés à la limite ou en dehors de la zone de protection ainsi définie doivent être à une distance minimum de 1 mètre de toute partie en saillie sur la façade (balcon, chéneau, etc.), et à une distance verticale minimum de 2 mètres de toute construction autre qu'un garde-corps en saillie sur le toit et située à leur aplomb

(cheminée, lucarne, etc.), sans qu'ils puissent s'en approcher à moins de 1 mètre en projection horizontale s'il s'agit d'un paratonnerre.

Ils ne peuvent s'approcher de l'intersection du plan vertical ci-dessus envisagé avec le prolongement de la face supérieure du toit en pente ou de la terrasse en deçà des distances minima suivantes :

Distance verticale inférieure :

50 centimètres pour les conducteurs de première catégorie, quel que soit le type de toit ;

1 mètre pour les conducteurs de deuxième catégorie, quel que soit le type de toit.

Distance verticale supérieure :

2 mètres pour les conducteurs de première et de deuxième catégorie, si le toit est en pente ;

3 mètres pour les conducteurs de première et de deuxième catégorie, si le toit est en terrasse.

Résistance mécanique des ouvrages.

Art. 6, § 1er. — Pour les conducteurs, fils, supports, ferrures, etc., la résistance mécanique des ouvrages est calculée en tenant compte à la fois des charges permanentes que les organes ont à supporter et de la plus défavorable en l'espèce des deux combinaisons de charges accidentelles, résultant des circonstances ci-après :

a) Température moyenne de la région avec vent horizontal de 120 kilogr., poids de pression par mètre carré de surface plane ou 72 kilogrammes, poids par mètre carré de section longitudinale des pièces à section circulaire ;

b) Température minimum de la région avec vent horizontal de 30 kilogr., poids par mètre carré de surface plane ou de 18 kilogr., poids par mètre carré de section longitudinale des pièces à section circulaire.

Les calculs justificatifs font ressortir le coefficient de sécurité de tous les éléments, c'est-à-dire le rapport entre l'effort correspondant à la charge de rupture et l'effort le plus grand auquel chaque élément peut être soumis.

§ 2. — Dans les ouvrages de distribution et d'alimentation de deuxième catégorie, le coefficient de sécurité, dans les parties de la distribution établies longitudinalement au-dessus du sol des voies publiques, doit être au moins égal à trois.

Dans les parties des mêmes ouvrages établies dans les agglomérations ou traversant les voies publiques, ainsi que dans les parties des gares et stations accessibles au public, la valeur du coefficient de sécurité est portée au moins à cinq.

Distributions de deuxième catégorie desservant plusieurs agglomérations.

Art. 7. — Dans les distributions de deuxième catégorie desservant un certain nombre d'agglomérations distantes les unes des autres, l'entrepreneur de la distribution est tenu d'établir, entre chaque agglomération importante desservie et l'usine de production de l'énergie ou le poste le plus voisin, un moyen de communication directe.

L'entrepreneur de la distribution est dispensé de la prescription énoncée ci-dessus s'il a établi, à l'entrée de chaque agglomération importante, un appareil permettant de couper le courant toutes les fois qu'il est nécessaire.

Toutefois, dans les installations d'alimentation de deuxième catégorie, les dispositions ci-dessus ne sont pas applicables, et les conducteurs aériens d'alimentation devront être protégés par des dispositifs destinés à limiter l'intensité du courant.

Section III. — Canalisations souterraines

Conditions générales d'établissement des conducteurs souterrains.

Art. 8, § 1er. — Spécification électrique des canalisations souterraines. — Les canalisations souterraines en câbles doivent être en câbles des meilleurs modèles connus, comportant une chemise de plomb sans soudure ; ils doivent être essayés en usine avec du courant alternatif à une tension efficace au moins double de la tension nominale de service. Cette tension d'essai doit être appliquée aussi bien entre les conducteurs (si le câble comporte plusieurs conducteurs) qu'entre les conducteurs et l'enveloppe de plomb.

§ 2. — Protection mécanique. — Les conducteurs souterrains doivent être protégés mécaniquement contre les avaries que pourraient leur occasionner le tassement des terres, le contact des corps durs et le choc des outils en cas de fouille.

Cette prescription ne s'applique pas aux câbles protégés par une armure d'acier.

§ 3. — Conducteurs placés dans une enveloppe ou conduite métallique. — Dans tous les cas où les conducteurs souterrains sont placés dans une enveloppe ou conduite métallique, ils sont isolés avec le même soin que s'ils étaient placés directement dans le sol.

§ 4. — Précautions contre l'introduction des eaux. — Les galeries contenant des câbles sont établies de manière à éviter autant que possible l'introduction et surtout le séjour dans l'eau.

Voisinage des conduites de gaz.

Art. 9. — Lorsque, dans le voisinage de conducteurs d'énergie électrique placés dans une conduite, il existe des canalisations de gaz, les mesures nécessaires doivent être prises pour assurer la ventilation régulière de la conduite renfermant les câbles électriques et éviter l'accumulation des gaz.

Regards.

Art. 10. — Les regards affectés aux canalisations électriques ne doivent pas renfermer de tuyaux d'eau, de gaz ou d'air comprimé.

Dans le cas de canalisations en conducteurs nus, les regards sont disposés de manière à pouvoir être ventilés.

Les conducteurs d'énergie électrique sont convenablement isolés par rapport aux plaques de fermeture des regards.

SECTION IV. — SOUS-STATIONS, POSTES DE TRANSFORMATEURS ET INSTALLATIONS DIVERSES

Prescriptions générales pour l'installation des moteurs et appareils divers.

Art. 11, § 1er. — Toutes les pièces saillantes mobiles et autres parties dangereuses des machines et notamment les bielles, roues, volants, les courroies et câbles, les engrenages, les cylindres et cônes de friction ou tous autres organes de transmission qui seraient reconnus dangereux sont munis de dispositifs protecteurs, tels que gaines et chéneaux de bois ou de fer, tambours pour les courroies et les bielles, ou de couvre-engrenages, garde-mains, grillages.

Sauf le cas d'arrêt du moteur, le maniement des courroies est toujours fait par le moyen de systèmes, tels que monte-courroie, porte-courroie, évitant l'emploi direct de la main.

On doit prendre, autant que possible, des dispositions telles qu'aucun ouvrier ne soit habituellement occupé à un travail quelconque, dans le plan de rotation ou aux abords immédiats d'un volant, ou de tout autre engin pesant et tournant à grande vitesse.

§ 2. — La mise en train et l'arrêt des machines sont toujours précédés d'un signal convenu.

§ 3. — Des dispositifs de sûreté sont installés dans la mesure du possible pour le nettoyage et le graissage des transmissions et mécanismes en marche.

§ 4. — Les monte-charge, ascenseurs, élévateurs sont guidés et disposés de manière que la voie de la cage du monte-charge et des contre-poids soit fermée ; que la fermeture du puits à l'entrée des divers étages ou galeries s'effectue automatiquement ; que rien ne puisse tomber du monte-charge dans le puits.

Pour les monte-charge destinés à transporter le personnel, la charge est calculée au tiers de la charge admise pour le transport des marchandises, et les monte-charge sont pourvus de freins, chapeaux, parachutes ou autres appareils préservateurs.

Les appareils de levage portent l'indication du maximum de poids qu'ils peuvent soulever.

§ 5. — Les puits, trappes et ouvertures sont pourvus de solides barrières ou garde-corps.

§ 6. — Dans les locaux où le sol et les parois sont très conducteurs, soit par construction, soit par suite de dépôts salins ou par suite de l'humidité, on ne doit jamais établir, à la portée de la main, des conducteurs ou des appareils placés à découvert.

Prescriptions relatives aux moteurs, transformateurs et appareils de la deuxième catégorie.

Art. 12, § 1er. — Les locaux non gardés dans lesquels sont installés des transformateurs de deuxième catégorie doivent être fermés à clé.

Des écriteaux très apparents sont apposés partout où il est nécessaire pour prévenir le public du danger d'y pénétrer.

§ 2. — Si une machine ou un appareil électrique de la deuxième catégorie se trouve dans un local ayant en même temps une autre destination, la partie du local affectée à cette machine ou à cet appareil est rendue inaccessible, par un garde-corps ou un dispositif équivalent, à toute personne autre que celle qui en a la charge. Une mention indiquant le danger doit être affichée en évidence.

§ 3. — Les bâtis et pièces conductrices non parcourus par le courant qui appartiennent à des moteurs et transformateurs de deuxième catégorie sont reliés électriquement à la terre ou isolés électriquement du sol. Dans ce dernier cas, les machines sont entourées par un plancher de service non glissant, isolé du sol et assez développé pour qu'il ne soit pas possible de toucher à la fois à la machine et à un corps conducteur quelconque relié au sol.

La mise à la terre ou l'isolement électrique est constamment maintenu en bon état.

§ 4. — Les passages ménagés pour l'accès aux machines et appareils de deuxième catégorie placés à découvert ne peuvent avoir moins de 2 mètres de hauteur ; leur largeur mesurée entre les machines, conducteurs ou appareils eux-mêmes, aussi bien qu'entre ceux-ci et les parties métalliques de la construction, ne doit pas être inférieure à 1 mètre.



Installation des canalisations à l'intérieur des sous-stations et postes de transformateurs.

Art. 13, § 1er. — A l'intérieur des sous-stations et postes de transformateurs, les canalisations nues de deuxième catégorie doivent être établies hors de la portée de la main sur des isolateurs convenablement espacés et être écartées des masses métalliques, telles que pilierr ou colonnes, gouttières, tuyaux de descente, etc.

Les canalisations nues de première catégorie qui sont à portée de la main doivent être signalées à l'attention par une marque bien apparente.

Les enveloppes des autres canalisations doivent être convenablement isolantes.

§ 2. — Des dispositions doivent être prises pour éviter l'échauffement anormal des conducteurs, à l'aide de coupe-circuits fusibles ou autres appareils équivalents.

Tableaux de distribution.

Art. 14. — A. Distributions de première catégorie :

Sur les tableaux de distribution de courants appartenant à la première catégorie, les conducteurs doivent présenter les isolements et les écartements propres à éviter tout danger.

B. Distributions de deuxième catégorie :

§ 1er. — Sur les tableaux de distribution portant sur leur face avant (où se trouvent les poignées de manœuvre et les instruments de lecture) des appareils et pièces métalliques de deuxième catégorie, le plancher de service doit être isolé électriquement et établi dans les conditions indiquées à l'article 12.

§ 2. — Quand des pièces métalliques ou appareils de deuxième catégorie sont établis à découvert sur la face arrière du tableau, un passage entièrement libre de 1 mètre de largeur et de 2 mètres de hauteur au moins est réservé derrière lesdits appareils et pièces métalliques ; l'accès de ce passage est défendu par une porte fermant à clef, laquelle ne peut être ouverte que par ordre du chef de service ou par ses préposés à ce désignés ; l'entrée en sera interdite à toute autre personne.

§ 3. — Tous les conducteurs et appareils de deuxième catégorie doivent, notamment sur les tableaux de distribution, être nettement différenciés des autres par une marque très apparente (une couche de peinture par exemple).

Locaux des accumulateurs.

Art. 15. — Dans les locaux où se trouvent des batteries d'accumulateurs, toutes les précautions sont prises pour éviter l'accumulation de gaz détonants ; la ventilation de ces locaux doit assurer l'évacuation continue des gaz dégagés.

Les lampes à incandescence employées dans ces locaux sont à double enveloppe.

Éclairage de secours.

Art. 16. — Les salles des sous-stations doivent posséder un éclairage de secours en état de fonctionner en cas d'arrêt du courant.

Mise à la terre des colonnes et autres pièces métalliques des sous-stations et postes de transformateurs.

Art. 17. — Les colonnes, les supports et, en général, toutes les pièces métalliques des sous-stations et postes de transformateurs qui risqueraient d'être soumis à une tension de deuxième catégorie doivent être convenablement reliés à la terre.

SECTION V. — BRANCHEMENTS PARTICULIERS

Prescriptions générales.

Art. 18. — Les branchements particuliers doivent être munis de dispositifs d'interruption auxquels l'entrepreneur de la distribution doit avoir accès en tout temps.

Canalisations aériennes.

Art. 19. — Les conducteurs aériens formant branchements particuliers doivent être protégés dans toutes les parties où ils sont à la portée des personnes.

Canalisations souterraines.

Art. 20. — Les conducteurs souterrains d'énergie électrique formant branchements particuliers doivent être recouverts d'un isolant protégé mécaniquement d'une façon suffisante soit par l'armature du câble conducteur, soit par des conduites en matière résistante et durable.

CHAPITRE II

Dispositions spéciales applicables à la traversée des cours d'eau, des canaux de navigation, ainsi que des voies ferrées comportant un mode de traction autre que la traction électrique par ligne de contact aérienne.

PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES.

Art. 21. — Les prescriptions du chapitre Ier sont applicables aux parties des installations traversant les fleuves, les rivières navigables ou flottables, les canaux de navigation ainsi que les voies ferrées comportant un mode de traction autre que la traction électrique par ligne de contact aérienne, sous réserve des dispositions spéciales du présent chapitre.

Section I. — Traversée des cours d'eau et des canaux de navigation par des canalisations aériennes.

Hauteur des conducteurs.

Art. 22, § 1er. — A la traversée des cours d'eau navigables et des canaux de navigation, la hauteur minimum des conducteurs au-dessus du plan d'eau est fixée, dans chaque cas, suivant la nature des bateaux fréquentant ces rivières et le mode de navigation.

Cette hauteur ne peut être inférieure à 8 mètres au-dessus des plus hautes eaux navigables. Toutefois, dans les bras où la navigation est impraticable, elle peut être réduite à 3 mètres au-dessus des plus hautes eaux.

§ 2. — La même hauteur minimum de 8 mètres est applicable à la traversée des autres rivières du domaine public ; mais elle peut être réduite à la traversée des cours d'eau classés comme flottables, lorsque le flottage n'est pas effectivement pratiqué, sous réserve que cette hauteur ne sera pas inférieure à 3 mètres au-dessus des plus hautes eaux.

Coefficient de sécurité de l'installation dans la traversée des cours d'eau et des canaux de navigation.

Art. 23. — Le coefficient de sécurité de l'installation dans la traversée des cours d'eau navigables et des canaux de navigation est au moins égal à cinq et, pour la traversée des autres rivières du domaine public, au moins égal à trois.

Le même coefficient trois est applicable aux installations faites sur les dépendances des cours d'eau et des canaux qui ne sont pas ouverts à la circulation publique, et, en particulier, sur les emplacements réservés au halage.

SECTION II. — TRAVERSÉE DES VOIES FERRÉES DES GRANDS RÉSEAUX D'INTÉRÊT GÉNÉRAL COMPORTANT UN MODE DE TRACTION AUTRE QUE LA TRACTION ÉLECTRIQUE PAR LIGNE DE CONTACT AÉRIENNE (1).

Dispositions générales.

Art. 24, § 1er. — Pour traverser une voie ferrée d'un grand réseau d'intérêt général, comportant un mode de traction autre que la traction électrique, par ligne de contact aérienne, toute installation de distribution ou d'alimentation doit de préférence emprunter un ouvrage d'art (passage supérieur ou inférieur) et, autant que possible, ne pas franchir cet ouvrage en diagonale.

A défaut de pouvoir, en raison de circonstances locales, emprunter un ouvrage d'art, les installations de distribution ou d'alimentation doivent, autant que possible, effectuer la traversée en un point de moindre largeur de l'emprise du chemin de fer.

§ 2. — La canalisation traversant la voie ferrée doit pouvoir être isolée de tout générateur possible de courant.

§ 3. — Des dispositions spéciales devront être prises, quand il y aura lieu, pour la protection des ouvrages traversés, notamment lorsqu'ils comporteront des parties métalliques.

Canalisations aériennes.

Art. 25, § 1er. — En outre des prescriptions indiquées au chapitre 1er, notamment en ce qui concerne les traversées, toute canalisation aérienne qui traverse la voie ferrée doit satisfaire aux prescriptions indiquées ci-après :

§ 2. — Toute canalisation aérenne qui n'emprunte pas un ouvrage d'art, doit franchir les voies ferrées, autant que possible, d'une seule portée, et suivant une direction aussi voisine que possible de la normale à ces voies, et, en tout cas, sous un angle d'au moins 60°, à moins qu'elle ne soit établie le long d'une voie publique traversant la voie ferrée sous un angle moindre ; son point le plus bas doit être situé à 7 mètres au moins de hauteur au-dessus du rail le plus haut ; elle doit être établie à 2 mètres de distance dans le sens vertical du conducteur électrique préexistant le plus voisin.

§ 3. — Les supports de la traversée doivent être placés le plus près possible de la limite d'emprise, sans que leur distance au bord extérieur du rail le plus voisin puisse être inférieure à 3 mètres. Ils sont placés, autant que possible, à une distance horizontale de 1 m. 50 en

(1) Ces dispositions ne s'appliquent pas aux traversées des voies ferrées établies sur la voie publique, telles que les voies de quai, de raccordement industriel, etc.

dehors des lignes de conducteurs électriques existant le long des voies.

§ 4. — Chaque support de la traversée est encastré dans un massif de maçonnerie.

§ 5. — Chaque conducteur des canalisations aériennes est relié sur chacun des supports de la traversée à deux isolateurs.

§ 6. — A chacun des supports et à 50 centimètres au moins des isolateurs dans la portée de la traversée, est fixée une pièce de garde métallique reliée au sol, afin qu'en cas de rupture d'un ou plusieurs isolateurs ou conducteurs, ce ou ces conducteurs soient en communication avec le sol.

§ 7. — Les supports métalliques de la traversée sont pourvus d'une bonne communication avec le sol.

§ 8. — Le coefficient de sécurité de l'installation constituant la traversée, calculé conformément aux indications de l'article 6, est au moins égal à 5 pour les organes de supports et pour les maçonneries de fondation, sans tenir compte de la buttée des terres, et à 40 pour les conducteurs. Dans l'hypothèse de la rupture de tous les conducteurs placés d'un même côté, le coefficient de sécurité de l'installation, y compris le haubannage, s'il y en a, doit être au moins égal à l'unité, sans tenir compte de la butée des terres.

§ 9. — Dans les installations de deuxième catégorie :

a) Il n'est pas fait usage de poteaux ou pylônes en bois dans la traversée et les portées immédiatement contiguës ;

b) La section de l'âme métallique des conducteurs ne peut être inférieure à 12 millimètres carrés quand la portée de ces conducteurs dans la traversée est au plus de 40 mètres et à 19 millimètres carrés quand cette portée est supérieure à 40 mètres.

La section pourra toutefois être inférieure aux minima ci-dessus indiqués, si la traversée est constituée par des conducteurs solidaires, pourvu que le coefficient de sécurité de l'ensemble de ces conducteurs solidaires, soit au moins égal à celui qu'assurerait l'emploi des conducteurs simples ayant les sections minima fixées par l'alinéa précédent.

§ 10. — *a*) Le service du contrôle de l'entreprise de distribution ou de traction électrique procédera aux vérifications (1) prévues par l'article 51 du décret du 3 avril 1908 et dans les conditions fixées par cet article ;

b) Indépendamment de ces vérifications, il sera procédé par le même service du contrôle à des visites périodiques des installations traversant ou empruntant les emprises du chemin de fer.

(1) Ces vérifications visent particulièrement les conditions électriques et notamment la tension du courant; elles ont lieu à l'usine ou dans les sous-stations ou postes.

Ces visites auront lieu en présence du représentant du concessionnaire ou permissionnaire de la distribution d'énergie électrique; les représentants du contrôle du chemin de fer, de l'administration des télégraphes, de la compagnie ou de l'administration exploitant le chemin de fer y seront convoqués, mais leur absence ne fera pas obstacle à ce qu'il soit procédé aux opérations de vérification.

Ces visites auront pour objet l'examen détaillé des installations à l'intérieur des emprises et aux abords pour constater leur bon état d'entretien; elles auront lieu tous les trois ans ou à des intervalles plus rapprochés si l'arrêté d'autorisation le prescrit ou, en cas d'urgence, sur la réquisition du service du contrôle.

Canalisations souterraines.

Art. 26. — § 1er. — Les canalisations souterraines en câbles des meilleurs modèles connus, comportant une chemise de plomb sans soudure et une armure métallique ou toute autre protection mécanique.

Les câbles armés sont noyés dans le sol, non seulement à la traversée des voies ferrées, mais encore de part et d'autre et jusqu'à 3 mètres au moins au delà des lignes électriques existant le long des voies.

§ 2. — Toutes dispositions seront prises pour que le remplacement des câbles soit possible sans ouverture de tranchée sous les voies et le ballast.

§ 3. — Les vérifications prévues au paragraphe 10 de l'article 25 pour les canalisations aériennes auront lieu dans les mêmes conditions pour les canalisations souterraines.

Section III. — Traversée des voies ferrées des réseaux secondaires d'intérêt local comportant un mode de traction autre que la traction électrique par ligne de contact aérienne.

Canalisations aériennes.

Art. 27. — § 1er. — L'établissement d'une traversée de la voie ferrée, par une canalisation aérienne, quelle que soit la catégorie, est soumis aux prescriptions relatives aux traversées des voies publiques, et notamment à celles de l'article 5, paragraphes 2 *a* et *b*, 4, 5 et 6 et de l'article 6.

§ 2. — Si la traversée est établie sur une partie de la voie ferrée construite sur une plate-forme indépendante, les mêmes prescriptions sont applicables. Toutefois, la condition relative à la fixation de la hauteur des conducteurs au-dessus des rails est remplacée par la suivante : le point le plus bas des conducteurs est établi au moins à 3 mètres de distance verticale au-dessus du gabarit du matériel circulant sur la voie ferrée.



Canalisations souterraines.

Art. 28. — L'établissement d'une traversée de la voie ferrée par une canalisation souterraine est soumis aux prescriptions relatives aux traversées des voies publiques.

CHAPITRE III

Dispositions spéciales applicables aux canalisations de distribution et d'alimentation traversant ou avoisinant des installations de traction électrique pour voies ferrées.

SECTION I. — OUVRAGES DE DISTRIBUTION ET D'ALIMENTATION.

Canalisations aériennes traversant ou avoisinant des conducteurs aériens de distribution ou d'alimentation.

Art. 29. — § 1er. — A tous les points où les canalisations aériennes avoisinent des conducteurs aériens d'alimentation ou de distribution d'énergie électrique, des dispositions de sécurité doivent être prises pour qu'en aucun cas il ne puisse y avoir de contact accidentel ou d'amorçage d'arc entre ces canalisations et ces conducteurs.

§ 2. — Toute canalisation aérienne de distribution d'énergie ou d'alimentation doit être établie à 2 mètres au moins de distance dans le sens vertical du conducteur préexistant le plus voisin.

Des dispositions sont prises pour que l'appareil de prise de courant des véhicules circulant sur la voie ferrée ne puisse atteindre les lignes de distribution ou d'alimentation voisines lorsque cet appareil est susceptible de quitter la ligne de contact.

Canalisations souterraines traversant ou avoisinant des canalisations souterraines de distribution ou d'alimentation ou des conduites souterraines (1).

Art. 30. — § 1er. — Lorsque les canalisations souterraines suivent une direction commune avec des canalisations souterraines d'alimentation ou de distribution ou des conduites d'eau, de gaz ou d'air comprimé, et que les deux canalisations sont établies en tranchée, une distance minimum de 20 centimètres doit exister entre les points les plus rapprochés de chacune des canalisations.

§ 2. — Lorsque les canalisations souterraines croisent des installations préexistantes (canalisations souterraines de distribution ou d'alimentation, conduites d'eau, de gaz ou d'air comprimé) elles doivent,

---

(1) En ce qui concerne les dispositions à prévoir au voisinage des rails de roulement, se reporter aux prescriptions des titres II et III ci-après.

en principe, passer au-dessous d'elles et se trouver en tous points à une distance supérieure ou égale à 20 centimètres.

Toutefois, lorsque le point le plus haut des installations préexistantes se trouve à une profondeur supérieure à 1 mètre, les canalisations souterraines d'alimentation qui les croisent pourront être posées au-dessus, étant entendu qu'elles devront passer à une distance au moins égale à 20 centimètres.

§ 3. — Lorsque les dispositions prévues aux deux paragraphes précédents ne peuvent être réalisées, la distance entre les deux canalisations peut être réduite, à condition qu'elles soient séparées par une cloison isolante en tous les points où la distance est inférieure à la distance prescrite.

SECTION II. — TRAVERSÉE DES VOIES FERRÉES DES GRANDS RÉSEAUX D'INTÉRÊT GÉNÉRAL A TRACTION ÉLECTRIQUE PAR DES CONDUCTEURS DE DISTRIBUTION D'ÉNERGIE OU D'ALIMENTATION.

Dispositions applicables.

Art. 31. — Les dispositions des articles 24, 25 et 26 ci-dessus sont applicables aux canalisations de distribution ou d'alimentation à la traversée des voies ferrées des grands réseaux d'intérêt général à traction électrique.

SECTION III. — TRAVERSÉE DES VOIES FERRÉES DES RÉSEAUX SECONDAIRES D'INTÉRÊT GÉNÉRAL ET DES RÉSEAUX D'INTÉRÊT LOCAL A TRACTION ÉLECTRIQUE PAR DES CONDUCTEURS AÉRIENS DE DISTRIBUTION D'ÉNERGIE OU D'ALIMENTATION.

Croisements des lignes de contact et voies ferrées (quelle que soit la tension employée à la traction) par des conducteurs aériens de distribution d'énergie ou d'alimentation de deuxième catégorie.

Art. 32. — § 1er. — En outre des prescriptions indiquées au chapitre Ier, article 5, paragraphes 4, 5 et 6, toute canalisation aérienne d'alimentation ou de distribution qui croise la voie ferrée doit satisfaire aux prescriptions spéciales ci-après :

§ 2. — Toute canalisation aérienne qui n'emprunte pas un ouvrage d'art doit franchir les voies ferrées, autant que possible, d'une seule portée et suivant une direction aussi voisine que possible de la normale aux voies et, en tout cas, sous un angle d'au moins 30 degrés, à moins qu'elle ne soit établie le long d'une voie publique traversant la voie ferrée sous un angle moindre.

§ 3. — Les supports de la traversée doivent être distants chacun d'au moins 2 m. 30 du bord extérieur du rail le plus voisin, et placés,



autant que possible, en dehors des lignes de conducteurs électriques existant le long des voies.

§ 4. — Chaque support de la traversée est encastré dans un massif de maçonnerie.

§ 5. — Chaque conducteur de la traversée est relié, sur chacun de ses supports, à deux isolateurs.

§ 6. — A chacun des supports et à 50 centimètres au moins des isolateurs dans la portée de la traversée est fixée une pièce de garde métallique reliée au sol, afin qu'en cas de rupture d'un ou plusieurs isolateurs ou conducteurs, ce ou ces conducteurs soient mis au sol.

§ 7. — Les supports métalliques de la traversée sont pourvus d'une bonne communication avec le sol.

§ 8. — Le coefficient de sécurité de l'installation constituant la traversée, calculé conformément aux indications de l'article 6, est au moins égal à 5 pour les maçonneries de fondation et pour les organes des supports et à 10 pour les conducteurs. Dans l'hypothèse de la rupture de tous les conducteurs placés d'un même côté, le coefficient de sécurité de l'installation doit être au moins égal à l'unité, quelle que soit l'hypothèse adoptée, sans tenir compte de la butée des terres.

§ 9. — *a*) Il n'est pas fait usage de poteaux ou de pylônes en bois dans la traversée;

b) La section de l'âme métallique des conducteurs d'énergie ne peut être inférieure à 12 millimètres carrés quand la portée de ces conducteurs dans la traversée est au plus de 40 mètres et à 19 millimètres carrés quand cette portée est supérieure à 40 mètres.

La section pourra toutefois être inférieure aux minima ci-dessus indiqués, si la traversée est constituée par des conducteurs solidaires, pourvu que le coefficient de sécurité de l'ensemble de ces conducteurs solidaires soit au moins égal à celui qu'assurerait l'emploi de conducteurs simples ayant les sections minima fixées par l'alinéa précédent.

Croisement d'une voie ferrée avec ligne de contact de deuxième catégorie par des conducteurs aériens de distribution d'énergie ou d'alimentation de première catégorie.

Art. 33. — Quand une canalisation aérienne de distribution d'énergie ou d'alimentation de première catégorie traverse une voie ferrée d'intérêt local ou d'un réseau secondaire d'intérêt général avec traction électrique par conducteurs aériens de deuxième catégorie, des précautions doivent être prises pour la protéger en cas de rupture contre les contacts avec ces conducteurs, soit par un dispositif de garde placé au-dessus des conducteurs de traction ou au-dessous de la canalisation de distribution, soit pour toute autre disposition spé-

ciale telle que, par exemple, la suspension caténaire de la canalisation de distribution.

Croisement d'une voie ferrée avec ligne de contact de première catégorie par des conducteurs aériens de distribution d'énergie ou d'alimentation de première catégorie.

Art 34. — Dans ce cas seront appliquées les prescriptions relatives aux traversées de voies publiques (chap. Ier, art. 5, §§ 4 et 5).

CHAPITRE IV

Protection des lignes télégraphiques, téléphoniques ou de signaux.

Canalisations aériennes de distribution ou d'alimentation ou lignes aériennes de contact au voisinage de lignes télégraphiques, téléphoniques ou de signaux.

Art. 35. — § 1er. — Lorsque des conducteurs de distribution, d'alimentation ou de contact parcourus par des courants de première catégorie suivent parallèlement une ligne télégraphique, téléphonique ou de signaux, la distance minimum à établir entre ces lignes et les conducteurs ne peut être inférieure à 1 mètre, excepté si les conducteurs sont fixés sur toute leur longueur, auquel cas la distance peut être réduite à 30 centimètres.

§ 2. — Dans les parties en courbe, lorsque la ligne télégraphique, téléphonique ou de signaux est établie dans la concavité de la courbe, les points d'attache du fil de contact doivent être assez rapprochés, ou des dispositions prises pour que si l'une des attaches vient à manquer, ce fil de contact ne vienne pas toucher les fils télégraphiques, téléphoniques ou de signaux.

§ 3. — Lorsque les canalisations de distribution ou d'alimentation et les lignes de contact parcourues par des courants de deuxième catégorie suivent parallèlement une ligne télégraphique, téléphonique ou de signaux, la distance minimum à établir entre ces lignes et les conducteurs doit être fixée de manière qu'en aucun cas il ne puisse y avoir de contact accidentel.

Cette distance prise de fil à fil en projection horizontale ne peut être inférieure à 1 m. 50 en dehors des agglomérations ; dans les agglomérations, elle peut être réduite à 1 mètre en projection horizontale avec une portée maximum de 40 mètres. Elle peut être réduite à 1 mètre de distance réelle, si les conducteurs d'énergie sont fixés sur toute leur longueur ou si les points de fixation ne sont pas distants l'un de l'autre de plus de 1 mètre.

Les poteaux ou pylônes supportant les lignes de distribution, d'alimentation de contact devront être à une distance d'au moins 50 centimètres du plan vertical des fils télégraphiques, téléphoniques ou de signaux les plus rapprochés, si ces supports sont en bois ou en ciment armé, et de 1 mètre s'ils sont métalliques.

§ 4. — Aux points de croisement, les conducteurs de distribution ou d'alimentation sont autant que possible placés au-dessus des fils télégraphiques, téléphoniques ou de signaux.

Une distance minimum de 1 mètre, s'il s'agit de conducteurs d'énergie de première catégorie, de 2 mètres s'il s'agit de conducteurs d'énergie de deuxième catégorie, est maintenue entre les conducteurs et les fils télégraphiques, téléphoniques et de signaux.

Si les conducteurs de distribution ou d'alimentation sont au-dessus des fils télégraphiques, téléphoniques ou de signaux, il est fait application des dispositions de l'article 3 (§ 6), de l'article 5 (§§ 5 et 6), de l'article 6 (§ 2, 2e alinéa) et, dans le cas où les canalisations de distribution ou d'alimentation sont de deuxième catégorie, de l'article 25 (§ 5).

Si les canalisations de distribution ou d'alimentation ou de contact sont au-dessous des fils télégraphiques, téléphoniques ou de signaux et si elles sont parcourues par des courants de deuxième catégorie, un dispositif de garde efficace pourvu d'une bonne communication avec le sol est solidement établi entre les deux sortes de conducteurs. Un dispositif analogue peut, en cas de nécessité, être prévu pour les conducteurs de distribution ou d'alimentation de première catégorie.

Dans les deux cas qui précèdent, les lignes télégraphiques, téléphoniques ou de signaux, sont dûment consolidées.

Lorsque la ligne de distribution ou d'alimentation croise dans la même portée des fils aériens télégraphiques, téléphoniques ou de signaux et une ligne aérienne de contact, sa section ne peut être inférieure à 12 millimètres carrés et elle ne peut être établie qu'en câble toronné, dans toute la longueur de la traversée.

Lorsque les dispositions prévues au présent paragraphe ne peuvent être appliquées, les lignes préexistantes doivent être modifiées.

§ 5. — A tous les points où les fils aériens de contact croisent des lignes télégraphiques, téléphoniques ou de signaux, des dispositifs doivent être établis en vue de protéger mécaniquement ces lignes contre les contacts avec les fils de contact.

Les fils transversaux seront munis de dispositifs destinés à retenir les fils télégraphiques, téléphoniques ou de signaux qui viendraient à tomber, et qui par suite pourraient glisser jusqu'aux fils de contact ou jusqu'aux câbles porteurs.

La partie des fils transversaux placée sous les fils télégraphiques et téléphoniques est isolée des conducteurs de prise de courant par deux isolateurs en série.

Des dispositions seront prises pour qu'en aucun cas l'appareil de prise de courant ne puisse atteindre les lignes télégraphiques ou téléphoniques.

§ 6. — Au voisinage des ouvrages de distribution ou d'alimentation et des lignes de contact, il pourra être établi, s'il est jugé nécessaire, des coupe-circuits spéciaux sur les fils télégraphiques, téléphoniques ou de signaux intéressés.

Canalisations souterraines au voisinage de lignes souterraines télégraphiques, téléphoniques ou de signaux.

Art. 36. — § 1er. — Lorsque des conducteurs souterrains de distribution ou d'alimentation suivent une direction commune avec une ligne télégraphique, téléphonique ou de signaux souterrains, et que les deux canalisations sont établies en tranchée, une distance minimum de 50 centimètres doit exister entre ces conducteurs et la ligne télégraphique, téléphonique ou de signaux, à moins qu'ils ne soient séparés par une cloison protectrice donnant une sécurité équivalente.

§ 2. — Lorsque des conducteurs souterrains croisent une ligne télégraphique, téléphonique ou de signaux, ils doivent être placés à une distance minimum de 20 centimètres des lignes télégraphiques, téléphoniques ou de signaux, à moins qu'ils ne présentent en ces points, au point de vue de la sécurité publique, de l'induction et des dérivations, des garanties équivalentes à celles des câbles concentriques ou cordés à enveloppe de plomb.

Lignes télégraphiques, téléphoniques ou de signaux affectées à l'exploitation des distributions de deuxième catégorie.

Art. 37. — Les lignes télégraphiques, téléphoniques ou de signaux qui sont montées, en tout ou en partie de leur longueur, sur les mêmes supports qu'une ligne électrique de deuxième catégorie sont assimilées, pour les conditions de leur établissement, aux lignes électriques de cette même catégorie.

En conséquence, elles sont soumises aux prescriptions applicables à ces lignes.

Les lignes télégraphiques, téléphoniques ou de signaux sont toujours placées au-dessous des conducteurs d'énergie électrique.

En outre, leurs postes de communication, leurs appareils de manœuvre ou d'appel sont disposés de telle manière qu'il ne soit possible de les utiliser ou de les manœuvrer qu'en se trouvant dans les

meilleures conditions d'isolement par rapport au sol, à moins que leurs appareils ne soient disposés de manière à assurer l'isolement de l'opérateur par rapport à la ligne.

CHAPITRE V

Entretien des ouvrages. — Exploitation des distributions.

Précautions à prendre dans les travaux d'entretien des lignes.

Art. 38. — A. — Lignes de première catégorie :

Sur des conducteurs sous tension de première catégorie et sur les lignes et pièces métalliques placées sur les mêmes supports ou au voisinage de ces conducteurs, il ne peut être entrepris aucun travail sans que des précautions suffisantes assurent la sécurité de l'opérateur.

B. — Lignes de deuxième catégorie :

§ 1er. — Il est interdit de faire exécuter sur les installations de deuxième catégorie ou au voisinage immédiat des lignes aucun travail, sans qu'elles aient été préalablement isolées de tout générateur possible de courant.

§ 2. — La communication ne peut être rétablie que lorsqu'il y a certitude que les ouvriers ne travaillent plus sur la ligne.

A cet effet, l'ordre de rétablissement du courant ne peut être donné que par le chef de service ou son délégué, et seulement après qu'il se sera assuré que le travail est terminé et que tout le personnel de l'équipe est réuni en un point de ralliement fixé à l'avance.

Pendant toute la durée du travail, toutes dispositions utiles doivent être prises pour que le courant ne puisse être rétabli sans ordre exprès du chef de service ou de son délégué.

§ 3. — Les mesures indiquées aux deux paragraphes précédents peuvent être remplacées par l'emploi de dispositifs spéciaux permettant soit au chef d'équipe, en cas de travail par équipe, de protéger lui-même l'équipe, soit aux ouvriers isolés de se protéger eux-mêmes par des appareils de coupure pendant toute la durée du travail.

§ 4. — Dans le cas où il est nécessaire qu'un travail soit entrepris sur des installations en charge de deuxième catégorie, il ne doit y être procédé que sur l'ordre exprès du chef de service et avec toutes les précautions de sécurité qu'il indiquera.

Elagages.

Art. 39. — § 1er. — L'élagage des arbres plantés en bordure des voies publiques, soit sur le sol de ces voies, soit sur les propriétés particulières, doit être effectué aussi souvent que la sécurité l'exigera.

S'il en est requis par le service du contrôle, l'entrepreneur de la

distribution est tenu à procéder à cet élagage en se conformant aux instructions du service de voirie.

§ 2. — Il est interdit de faire exécuter les élagages, ou des travaux analogues pouvant mettre directement ou indirectement le personnel en contact avec des conducteurs électriques ou pièces métalliques de seconde catégorie, sans avoir pris des précautions suffisantes pour assurer la sécurité du public et du personnel par des mesures efficaces.

Affichage des prescriptions relatives à la sécurité dans les distributions de deuxième catégorie.

Art. 40. — Les chefs d'industrie, directeurs ou gérants, sont tenus d'afficher dans un endroit apparent des salles contenant des installations de deuxième catégorie :

1° Un ordre de service indiquant qu'il est dangereux et formellement interdit de toucher aux pièces métalliques ou conducteurs soumis à une tension de deuxième catégorie, même avec des gants en caoutchouc ou de se livrer à des travaux sur ces pièces ou conducteurs, même avec des outils à manche isolant;

2° Des extraits du présent arrêté et une instruction sur les premiers soins à donner aux victimes des accidents électriques, rédigée conformément aux termes qui seront fixés par une circulaire ministérielle.

TITRE II

DISPOSITIONS SPÉCIALES AUX INSTALLATIONS DE TRACTION ÉLECTRIQUE PAR COURANT CONTINU

CHAPITRE Ier

Installations de traction empruntant la voie publique.

SECTION I. — LIGNES DE CONTACT

Prescriptions générales.

Art. 41. — Les lignes aériennes de contact sont soumises aux dispositions du titre Ier ci-dessus, sous réserve des dispositions spéciales énoncées dans la présente section.

Dispositifs d'isolement.

Art. 42. — § 1er. — Les fils de contact doivent comporter un double isolement par rapport à la terre. Les isolateurs en porcelaine, en verre, etc., à double cloche, sont considérés comme équivalant à un double isolement.

§ 2. — Les fils transversaux servant à la suspension des fils de contact sont isolés avec soin de ces fils de contact par un isolement supplémentaire aussi rapproché que possible de chaque fil de contact de part et d'autre de ce contact.



§ 3. — Les isolateurs employés pour les fils de contact de deuxième catégorie doivent être essayés en usine avec du courant alternatif sous une tension efficace triple de la tension nominale de service.

Fils de contact.

Art. 43. — § 1er. — Les fils doivent être placés hors de la portée du public.

§ 2. — Le point le plus bas des fils de contact doit être à six mètres au moins au-dessus des voies publiques. Toutefois, ces fils pourront être établis à moins de six mètres de hauteur, à la traversée des ouvrages construits au-dessus des voies publiques. Pour les installations de deuxième catégorie, toute la partie à moins de six mètres de hauteur, devra comporter un dispositif de protection spécial en vue de sauvegarder la sécurité et toute traversée de hauteur comprise entre six et huit mètres devra comporter un dispositif d'avertissement.

§ 3. — La section des fils de contact ne peut pas être inférieure à trente millimètres carrés dans les nouvelles installations.

§ 4. — Dans les installations de deuxième catégorie, sur les supports d'angle, les mesures nécessaires sont prises aux points d'attache des fils de contact pour que, au cas où ces fils viendraient à abandonner les organes de suspension, ils soient encore retenus et ne risquent pas de traîner sur le sol ou de créer des contacts dangereux.

§ 5. — Dans les traversées des agglomérations et au droit des immeubles isolés, les fils de contact doivent passer à un mètre au moins des façades et, en tous cas, hors de la portée des habitants.

§ 6. — Lorsque les lignes d'alimentation sont placées sur les mêmes supports que les lignes de contact, les prescriptions de l'article 5, paragraphes 2 *b*, 4, 5 et 6, sont remplacées par celles du présent article pour ces lignes d'alimentation.

Résistance mécanique des lignes de contact.

Art. 44. — Par dérogation aux dispositions de l'article 6, dans les parties de lignes de contact de deuxième catégorie établies hors des agglomérations, le coefficient de sécurité des lignes de contact doit être au moins égal à deux et dans les parties des mêmes installations établies dans les agglomérations, la valeur du coefficient de sécurité est au moins égale à trois, sauf dans les parties des gares et stations ouvertes au public, où elle est maintenue à cinq.

Les mêmes dispositions seront étendues aux lignes d'alimentation établies sur les mêmes supports que les lignes de contact lorsqu'elles transportent du courant de même catégorie que ces dernières.

Prescriptions relatives aux lignes dont la tension, par rapport à la terre, ne dépasse pas 1.500 volts.

Art. 45. — Les dispositions de l'article 3, paragraphe 4, de l'article 5, paragraphes 2 *b*, 4, 5 et 6, de l'article 25, de l'article 31, des deux premiers alinéas du paragraphe 4 de l'article 35, du paragraphe 4 de l'article 43 et de l'article 44 ne visent pas les lignes de contact, ni leurs supports, ni les autres lignes placées sur ces supports ou en dehors de la voie publique ou inaccessibles au public, si la tension, entre ces conducteurs et la terre, ne dépasse pas 1.500 volts.

SECTION II. — UTILISATION DES RAILS DE ROULEMENT COMME CONDUCTEURS DE COURANT

Voisinage des masses métalliques.

Art. 46. — Quand les rails de roulement seront employés comme conducteurs, toutes les mesures nécessaires seront prises pour protéger, contre l'action nuisible de courants dérivés, les masses métalliques, telles que les conduites d'eau et de gaz, les voies ferrées de chemins de fer et leurs lignes de signaux, les lignes télégraphiques ou téléphoniques, toutes autres lignes électriques, etc.

Notamment, toutes les dispositions nécessaires seront prises par l'exploitant qui utilise les rails de roulement comme conducteurs du courant électrique pour que le passage de ce courant se fasse dans des conditions telles que les prescriptions des articles 47, 48, 49, 50, 51 et 52 ci-après soient remplies.

Toutefois, les prescriptions des articles précités ne sont pas applicables si les voies de roulement sont isolées du sol en permanence, ou bien s'il n'existe aucune conduite, canalisation ou masse métallique souterraine dans une zone d'au moins 50 mètres de largeur de part et d'autre des voies, à condition qu'il n'en résulte aucun inconvénient pour les canalisations d'énergie voisines et, en particulier, aucun trouble dans les circuits télégraphiques, téléphoniques ou de signaux, que ces circuits soient constitués par des lignes aériennes ou souterraines, ou par les voies elles-mêmes constituant des circuits de voie.

Division en deux zones.

Art. 47. — Les lignes de traction seront divisées en deux zones, dont la délimitation, toujours revisable, sera définie d'accord entre l'exploitant et le service du contrôle :

1° Une zone dite urbaine, située à l'intérieur d'un réseau ramifié de conduites, canalisations ou masses métalliques souterraines ;

2° Une zone dite suburbaine, située à l'extérieur de la précédente.

Les chutes de tension ou intensités moyennes envisagées dans les articles suivants s'entendent :

1° Pour la zone urbaine, comme moyenne de la durée effective du service, c'est-à-dire de l'intervalle de temps compris entre l'heure de sortie de la première voiture et celle de rentrée de la dernière voiture;

2° Pour la zone suburbaine, comme moyenne d'une durée de vingt-quatre heures consécutives.

Conductance des rails de roulement.

Art. 48. — § 1er. — Lorsque la voie comporte des joints non soudés, leur conductance doit être assurée dans les meilleures conditions possibles en prévision de l'intensité du courant devant y circuler et, par conséquent, plus les joints sont près des points de connexion des feeders, plus ils doivent être conducteurs.

§ 2. — Dans tous les cas, que les joints soient soudés ou non, leur conductance sera entretenue en bon état et la chute de tension moyenne ne doit atteindre, dans aucun joint, 0.005 volt dans la zone urbaine, 0.010 volt dans la zone suburbaine (1).

§ 3. — Les rails d'une voie doivent être reliés entre eux par des connexions transversales situées au moins tous les dix joints. Dans les parties à deux voies juxtaposées, les rails intérieurs des deux voies doivent être reliés entre eux par des connexions transversales situées au moins tous les vingt joints. Ces connexions auront une section d'au moins 50 millimètres carrés si elles sont en cuivre, ou une section électriquement équivalente.

§ 4. — En tous les points où les voies de roulement présentent une

---

(1) On pourra, conformément à l'usage, continuer à vérifier la conductance des joints en comparant la chute de tension dans les joints avec celle dans une longueur déterminée de rail ; il y aura lieu, dans ce cas, de calculer, au moyen des formules suivantes, les ongueurs de rails correspondant à des chutes de tension de 0.005 ou de 0.010 volt.

En admettant une densité de 7.6 et une résistivité de 20.6 microhms-centimètres,

$$l_1 = 3.2 \frac{P}{I}$$

où l_1 est la longueur de rails en mètres donnant une chute de 0.005 volt,

$$l_2 = 6.4 \frac{P}{I}$$

où l_2 est la longueur de rails en mètres donnant une chute de 0.010 volt;

P. Poids du rail en kilogr. par mètre ;

I. Intensité moyenne au droit du joint considéré.

Ces longueurs pourront être déterminées une fois pour toutes pour chaque point du réseau.

solution de continuité pour le passage du courant (ponts mobiles, traversées de chemins de fer, aiguillages, etc.), la conductance est assurée par des conducteurs spéciaux reliés aux rails de part et d'autre de la coupure.

§ 5. — La section de ces conducteurs doit être calculée de telle sorte que la différence de potentiel mesurée entre les deux extrémités des rails situés de part et d'autre de la solution de continuité ne dépasse pas, en moyenne, 10 millivolts par mètre de distance entre les extrémités des rails.

§ 6. — Tous les conducteurs de courant reliés aux rails doivent être isolés du sol. Font exception, les connexions des joints de rails, les connexions des appareils de voie et les connexions transversales, qui peuvent être nues.

Chutes de tension calculées dans les rails.

Art. 49. — § 1er. — Dans les cas mentionnés au paragraphe qui suit, le concessionnaire devra justifier que les dispositions prises pour le retour du courant (section des rails, dispositifs de connexion, feeders de retour, etc.) permettent de satisfaire aux prescriptions suivantes :

La chute de tension moyenne, calculée d'après l'horaire prévu et en supposant qu'il n'y ait aucune dérivation dans le sol, ne doit pas dépasser, pour 1 kilomètre de voie, 1 volt 1 dixième dans la zone urbaine et 2 volts 2 dixièmes dans la zone suburbaine.

§ 2. — Les obligations prescrites au paragraphe qui précède s'appliquent :

a) Aux lignes à construire, même à celles dont les projets auraient été antérieurement approuvés ;

b) Aux lignes préexistantes qui viendraient à subir d'importantes modifications, soit dans le service des trains, soit dans la construction des voies ou des canalisations desservant les voies.

Elles ne s'appliquent pas aux lignes préexistantes tant que celles-ci ne subiront pas de modifications de la nature indiquée ci-dessus.

Chutes de tension mesurées dans les rails.

Art. 50. — § 1er. — *a*) Dans la zone urbaine la perte de charge mesurée sur une longueur de voie de 1 kilomètre, prise arbitrairement, ne doit pas dépasser en moyenne 1 volt ;

b) Dans la zone suburbaine, la perte de charge mesurée sur une longueur de voie de 1 kilomètre, prise arbitrairement, ne doit pas dépasser en moyenne 2 volts.

§ 2. — Lorsque des conduites, canalisations ou masses métalliques se trouvent à une distance des rails supérieure à 4 mètres, une chute

de tension pouvant aller jusqu'au double de celle fixée au paragraphe 1er peut être admise, à la condition qu'il n'en résulte aucun inconvénient pour les canalisations d'énergie voisines et, en particulier, aucune perturbation nuisible dans les circuits télégraphiques, téléphoniques ou de signaux, que ces circuits soient constitués par des lignes aériennes ou souterraines ou par les voies elles-mêmes constituant des circuits de voie.

Cette distance de 4 mètres pourra être augmentée jusqu'à 10 mètres si, par suite de sa nature, le terrain était particulièrement conducteur, et davantage si des troubles sont constatés.

Artères reliées aux rails de roulement.

Art. 51. — § 1er. — La liaison des rails de roulement à la station ou sous-station génératrice sera assurée par des conducteurs de courant isolés du sol.

§ 2. — Dans le cas où les rails sont reliés au pôle négatif, les points de connexion de ces artères avec les rails devront être effectués, autant que possible, dans un terrain sec et mauvais conducteur, et en des points aussi éloignés que possible des conduites, canalisations, masses métalliques souterraines. Les enveloppes des câbles souterrains seront isolées des rails et du sol jusqu'à une distance d'au moins 4 mètres de rails.

§ 3. — Lorsque plusieurs artères sont issues d'une même station ou sous-station génératrice, la différence de potentiel moyenne entre deux quelconques des points de connexion de ces artères avec les rails, ne devra pas dépasser 1 volt dans la zone urbaine et deux volts dans la zone suburbaine par kilomètre de distance mesuré à vol d'oiseau entre ces points.

§ 4. — Si, pour réaliser cette condition, il est nécessaire de régler les potentiels des points de connexion des artères, il sera fait usage soit de résistances réglables, branchées sur les artères, soit de toute autre disposition répondant au même but.

Résistance entre les rails et les conduites souterraines.

Art. 52. — § 1er. — En tous points où le potentiel des rails est susceptible de devenir négatif par rapport à celui des conduites, canalisations ou masses métalliques souterraines, notamment au voisinage des points de connexion des artères négatifs, s'ils sont reliés aux rails de roulement, toutes dispositions seront prises, lors de l'établissement des voies, pour augmenter le plus possible la résistance entre les rails servant de conducteurs de courant et les conduites, canalisations ou masses métalliques souterraines avoisinantes.

§ 2. — En particulier, lorsque la voie passe sur un ouvrage métal-

lique, la voie et les conducteurs qui lui sont reliés doivent être, dans la mesure du possible, isolés électriquement dans la traversée de l'ouvrage.

En aucun cas, la voie et les conducteurs qui lui sont reliés ne doivent être reliés métalliquement avec les conduites, canalisations ou masses métalliques se trouvant dans le sol.

§ 3. — Les conduites ou canalisations métalliques souterraines, en tous les points où elles croisent les voies, devront passer à une profondeur telle que la distance comprise entre les points les plus proches des rails et des conduites ou canalisations métalliques soit au moins de 70 centimètres.

Si les conduites ou canalisations métalliques souterraines qui croisent les voies ne peuvent être posées à une telle profondeur et si elles ne peuvent être déviées, elles devront être protégées par une enveloppe isolante aussi efficace que possible. Cette enveloppe sera prolongée de part et d'autre des rails extérieurs, sur une longueur telle que la distance entre les rails et la partie métallique des conduites ou canalisations soit au moins de 70 centimètres aux points de l'enveloppe les plus éloignés des rails.

§ 4. — Les conduites ou canalisations métalliques qui sont parallèles aux voies devront être éloignées des rails de telle sorte que la distance entre les points les plus proches des rails et des conduites ou canalisations métalliques soit au moins de 70 centimètres.

Surveillance.

Art. 53. — § 1er. — L'exploitant est tenu de faire les installations nécessaires pour permettre au service du contrôle de vérifier l'application des précédentes prescriptions.

Il doit notamment disposer, s'il y a nécessité, soit des fils pilotes pour mesurer les différences de potentiel entre les points désignés de la distribution, soit des appareils pour vérifier l'exactitude des calculs indiqués à l'article 49.

§ 2. — L'exploitant est tenu de vérifier une fois par an, la conductance des joints de la voie.

Les résultats obtenus seront consignés sur un registre qui devra être présenté à toute réquisition du service du contrôle.

§ 3. — Lorsque les fils transversaux passent au-dessous des lignes aériennes, télégraphiques, téléphoniques ou de signaux, leur isolement, par rapport aux fils de contact, prescrit par le paragraphe 2 de l'article 42, devra être vérifié par l'exploitant au moins deux fois par an et les résultats seront consignés sur un registre tenu à la disposition du service du contrôle et de l'administration des postes et télégraphes.

Des modifications analogues devront être faites à la demande de l'administration des postes et télégraphes, avant l'ouverture de chaque chantier d'établissement de nouvelles lignes ordinaires télégraphiques, téléphoniques ou de signaux, sur les fils transversaux qu'elles surplombent.

CHAPITRE II

Voies établies sur plate-forme indépendante.

SECTION I. — LIGNES DE CONTACT.

Hauteur des fils de contact.

Art. 54. — Le point le plus bas des fils de contact doit être à six mètres au moins au-dessus de la partie supérieure des rails. Toutefois, ces fils pourront être établis à une hauteur moindre à la traversée des ouvrages d'art.

Rails de contact

Art. 55. — § 1er. — Les rails de contact sont isolés de la terre avec le plus grand soin. Dans les installations de deuxième catégorie les isolateurs employés, essayés avec du courant alternatif, doivent résister à une tension efficace triple de la tension nominale de service.

§ 2. — Dans les installations de deuxième catégorie, les rails de contact, dans les endroits où le public peut avoir accès, et principalement dans les gares, doivent être protégés autant que possible. Il sera tout au moins réservé des passages permettant au personnel de les franchir sans danger.

Dans les installations au-dessus de 1.500 volts, la protection sera obligatoire dans tous les endroits où le public et le personnel peuvent avoir accès.

Résistance mécanique des lignes de contact.

Art. 56. — Par dérogation aux dispositions de l'article 6, le coefficient de sécurité des lignes de contact de deuxième catégorie doit être au moins égal à deux, excepté dans les parties des gares et stations ouvertes au public où le coefficient de sécurité doit être maintenu égal à cinq.

Prescriptions générales.

Art. 57. — Les lignes aériennes de contact sont soumises aux dispositions du titre Ier ainsi que des articles 42, 43, paragraphes 1er, 3, 4 et 6 (1), et 53, paragraphes 1er et 3, sous réserve des dispositions

---

(1) A la traversée des voies publiques.

spéciales énoncées dans la présente section et de l'application de la dérogation prévue par l'article 45.

SECTION II. — UTILISATION DES RAILS DE ROULEMENT COMME CONDUCTEURS DE COURANT

Voisinage des masses métalliques.

Art. 58. — § 1er. — Quand les rails de roulement seront employés comme conducteurs, toutes les mesures nécessaires seront prises pour protéger, contre l'action nuisible de courants dérivés, les masses métalliques telles que les ouvrages métalliques, les autres voies ferrées, les conduites d'eau et de gaz, les lignes télégraphiques ou téléphoniques, toutes autres lignes électriques, etc.

§ 2. — Notamment, toutes les dispositions nécessaires seront prises par l'exploitant qui utilise les rails de roulement comme conducteur du courant électrique, pour que le passage de ce courant se fasse dans des conditions telles que les prescriptions des articles 48 (§§ 1er, 3, 4 et 6, 51 (§§ 1er et 2), 52 et 53 ainsi que des articles 59, 60 et 61 ci-après, soient remplies.

§ 3. — Les rails de roulement devront être soigneusement isolés du sol en permanence, par exemple en veillant soigneusement à ce que le ballast ne les touche pas, et qu'il ne recouvre pas les traverses en bois sur lesquelles ces rails reposent.

Conductance des rails de roulement.

Art. 5. — § 1er. — Dans tous les cas, que les joints soient soudés ou non, leur conductance sera entretenue en bon état et la chute de tension moyenne ne doit pas atteindre une valeur telle qu'il en résulte des troubles dans les ouvrages avoisinants (tels que canalisations diverses, signaux, etc.).

§ 2. — La section des conducteurs de jonction spécifiée au paragraphe 4 de l'article 48 doit être calculée de telle sorte que la différence de potentiel mesurée entre les deux extrémités des rails situés de part et d'autre de la solution de continuité ne dépasse pas en moyenne 32 millivolts par mètre de distance entre les extrémités des rails.

Chute de tension calculée dans les rails.

Art. 60. — § 1er. — Dans les cas mentionnés au paragraphe qui suit, le concessionnaire devra faire connaître, dans le projet qu'il doit présenter, les dispositions prises pour le retour du courant (poids des rails, dispositifs de connexion, artères de retour, etc.) en vue d'éviter les troubles dans les canalisations voisines (eau, gaz, électricité, signaux, etc.).

§ 2. — Les obligations prescrites au paragraphe qui précède s'appliquent :

a) Aux lignes à construire, même à celles dont les projets auraient été antérieurement approuvés ;

b) Aux lignes préexistantes qui viennent à subir d'importantes modifications, soit dans le service des trains, soit dans la construction des voies ou des canalisations desservant les voies.

Elles ne s'appliquent pas aux lignes préexistantes, tant que celles-ci ne subiront pas de modifications de la nature indiquée ci-dessus.

Artères reliées aux rails de roulement.

Art. 61. — § 1er. — Lorsque plusieurs feeders sont issus d'une même station ou sous-station génératrice, la différence de potentiel moyenne entre deux quelconques des points de connexion de ces artères avec les rails ne devra pas atteindre une valeur telle qu'il en résulte des troubles dans les ouvrages avoisinants (tels que canalisations d'eau, de gaz, signaux, etc.).

§ 2. — Si, pour réaliser cette condition, il est nécessaire de régler les potentiels des points de connexion des artères, il sera fait usage soit de résistances réglables, branchées sur les artères, soit de toute autre disposition répondant au même but.

TITRE III

INSTALLATIONS DE TRACTION PAR COURANT ALTERNATIF

SECTION I. — LIGNES DE CONTACT

Prescriptions générales.

Art. 62. — Les lignes de contact sont soumises aux dispositions du titre Ier, ainsi que des articles 42, 43, 44, 47, 51 (§ 1er), et 52 (§ 2) et 53 ci-dessus, sous réserve des dispositions spéciales énumérées ci-après.

Dispositifs d'isolement.

Art. 63. — Les isolateurs employés pour les lignes de contact de la deuxième catégorie doivent être essayés en usine avec du courant alternatif à la fréquence de service et sous une tension efficace triple de la tension nominale de service.

Résistance mécanique des lignes de contact.

Art. 64. — Par dérogation aux dispositions de l'article 6, dans les parties de ligne de contact de deuxième catégorie établies hors des agglomérations ou sur plate-forme indépendante, le coefficient de

sécurité des lignes de contact doit être au moins égal à 2, et dans les parties des mêmes installations établies dans les agglomérations, la valeur du coefficient de sécurité est au moins égale à 3, sauf dans les parties des gares et stations ouvertes au public, où elle sera maintenue égale à 5.

Prescriptions relatives aux lignes dont la tension par rapport à la terre ne dépasse pas 600 volts.

Art. 65. — Les dispositions de l'art. 3 (§ 4), de l'article 5, §§ 2 *b*, 4, 5 et 6 de l'article 25, de l'article 31, des premier et troisième alinéas du paragraphe 4 de l'article 35, de l'article 43 (§ 4) et de l'article 64 ne visent pas les lignes de contact ni leurs supports, ni les autres lignes placées sur ces supports ou en dehors de la voie publique ou inaccessibles au public, si la tension entre ces conducteurs et la terre ne dépasse pas 600 volts.

Installations spéciales.

Art. 66. — Dans les installations de 2e catégorie, les voies non parcourues de façon permanente par les trains, telles que voies de débord, voies de garage et de dépôt, seront munies de sectionnement permettant de supprimer le courant sur les lignes de contact correspondantes lorsque les manœuvres n'y seront pas nécessaires.

SECTION II. — UTILISATION DES RAILS DE ROULEMENT COMME CONDUCTEURS DE COURANT

Voisinage des masses métalliques.

Art. 67. — Qnand les rails de roulement seront employés comme conducteurs, toutes les mesures nécessaires seront prises pour protéger contre l'action nuisible des courants dérivés les masses métalliques, telles que les voies ferrées de chemins de fer, les conduites d'eau et de gaz, les lignes télégraphiques ou téléphoniques, toutes autres lignes électriques, etc.

Conductance des rails de roulement.

Art. 68. — § 1er. — La conductance des rails sera assurée de façon qu'il n'existe aucune solution de continuité électrique ; en particulier les aiguilles, croisements, appareils de voie, etc., seront pourvus de connexions spéciales dont la section doit être calculée de telle sorte que la différence de potentiel, mesurée entre les deux extrémités des rails situés de part et d'autre de la solution de continuité ne dépasse pas en moyenne 20 millivolts par mètre de distance entre les extrémités des rails.

§ 2. — Dans la zone dite urbaine, les rails seront reliés entre eux métalliquement par des connexions transversales, situées au moins tous les vingt joints. Dans les parties à deux voies juxtaposées, les rails intérieurs des deux voies doivent être reliés entre eux par une connexion transversale située au moins tous les kilomètres.

Ces connexions auront une section d'au moins 50 millimètres carrés, si elles sont en cuivre, ou une section électriquement équivalente.

Dans la zone suburbaine, ces connexions ne seront pas exigées en voie courante, sauf aux aiguilles, croisements, points spéciaux.

§ 3. — Tous les conducteurs de courant reliés aux rails doivent être isolés du sol, sauf dans le cas où leur longueur est inférieure à 100 mètres et où ces conducteurs sont reliés au sol par une plaque de terre au moins à une de leurs extrémités.

Font exception les connexions de joints de rails, les connexions des appareils et les connexions transversales qui peuvent être nues.

Chute de tension calculée dans les rails.

Art. 69. — § 1er. — Dans les cas mentionnés au paragraphe qui suit, le concessionnaire devra justifier dans le projet d'exécution qu'il doit présenter que les dispositions prises pour le retour du courant (poids des rails, dispositifs de connexions, artères de retour, etc.) permettant de satisfaire à la condition suivante : la chute de tension moyenne calculée dans les rails sur la durée définie à l'article 47 avec l'horaire prévu ne devra pas dépasser 15 % de la tension d'alimentation au départ des centrales ou sous-stations, en supposant qu'il n'y ait aucune dérivation dans le sol.

§ 2. — Les obligations prescrites au paragraphe qui précède s'appliquent :

a) Aux lignes à construire, même à celles dont les projets auraient été antérieurement approuvés ;

b) Aux lignes préexistantes qui viennent à subir d'importantes modifications, soit dans le service des trains, soit dans la construction des voies ou des canalisations desservant les voies.

Elles ne s'appliquent pas aux lignes préexistantes, tant que celles-ci ne subiront pas de modifications de la nature indiquée ci-dessus.

Résistance entre les rails et les lignes souterraines.

Art. 70. — § 1er. — Toutes dispositions seront prises lors de l'établissement des voies pour augmenter le plus possible la protection contre l'influence du courant circulant dans les rails, les conduites, canalisations ou masses métalliques souterraines avoisinantes.

§ 2. — En particulier, lorsque la voie passe sur un ouvrage métallique, les rails et les conducteurs qui leur sont reliés doivent être

autant que possible, isolés électriquement dans la traversée de l'ouvrage.

§ 3. — Dans les autres parties de la voie et principalement aux stations, les rails doivent être reliés au sol d'une manière efficace, afin d'éviter les différences de potentiels dangereuses entre le sol et le matériel roulant ou les voies ; une plaque de terre sera installée au moins tous les 3 kilomètres.

Vérifications.

Art. 71. — L'exploitant est tenu de faire les installations nécessaires pour permettre au service du contrôle de vérifier l'application des prescriptions précédentes.

Il doit notamment disposer, s'il y a nécessité, des fils pilotes pour mesurer les différences de potentiel entre les points désignés de la distribution.

SECTION III. — PRESCRIPTIONS CONCERNANT LES ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES DU MATÉRIEL ROULANT

Prescriptions relatives aux organes sous tension.

Art. 72. — Toutes dispositions doivent être prises dans la construction du matériel roulant accessible au public pour éviter tout contact accidentel des voyageurs avec un conducteur ou un organe sous tension et, dans la mesure du possible, tout commencement d'incendie dû au passage du courant.

Isolement et protection des conducteurs.

Art. 73. — Dans les parties des voitures accessibles au public, tous les conducteurs doivent comporter un isolement en rapport avec leur tension par rapport à la terre et être protégés par une paroi isolante ou métallique.

Prescriptions relatives aux organes susceptibles d'être sous tension et aux organes mobiles.

Art. 74. — § 1er. — Tous les appareils employés dans l'équipement du matériel roulant comportant des parties métalliques nues susceptibles d'être sous tension doivent être enfermés dans un capot isolant ou métallique.

§ 2. — Tous les appareils employés dans l'équipement du matériel roulant comportant des organes mobiles (par exemple, poignées de disjoncteurs, etc.), ou susceptibles de donner lieu à des arcs de rupture par exemple, contacteurs, interrupteurs, etc.), doivent être protégés de façon à éviter, dans la mesure du possible, que les personnes

placées dans leur voisinage soient atteintes par l'organe qui se déplace ou par les projections auxquelles le fonctionnement de l'appareil peut donner lieu.

Prescriptions concernant les équipements utilisés avec des courants de 2e catégorie.

Art. 75. — § 1er. — Pour les équipements utilisés avec des courants de 2e catégorie, outre les dispositions indiquées aux articles 72, 73 et 74, les canalisations électriques doivent, sur toute la longueur, être protégées par des gaines métalliques et les appareils doivent être complètement enfermés dans des armoires ou cabines métalliques.

§ 2. — En particulier, les appareils utilisés pour la conduite de la voiture doivent se trouver complètement hors de la portée du public et, autant que possible, rassemblés dans une cabine accessible seulement aux machinistes ou à toute personne dûment qualifiée.

Mise à la masse des pièces métalliques.

Art. 76. — Toutes les parois ou gaines métalliques en contact avec des conducteurs isolés, tous les capots, armoires ou cabines métalliques utilisés pour la protection des appareils doivent être reliés de façon permanente à la masse du châssis au moyen d'un conducteur de section suffisante.

TITRE IV

DISPOSITIONS DIVERSES

Interdiction d'employer la terre.

Art. 77. — Il est interdit d'employer la terre comme partie d'un circuit de distribution ou d'alimentation.

Voisinage des magasins à poudre et poudreries.

Art. 78. — Aucune canalisation de distribution ou d'alimentation ou ligne de contact ne peut être établie à moins de vingt mètres d'une poudrerie ou d'un magasin à poudre, à munitions, ou à explosifs, si ce conducteur est aérien ; de dix mètres, si ce conducteur est souterrain.

Cette distance se compte à partir de l'aplomb extérieur de la clôture qui entoure la poudrerie ou du mur d'enceinte spécial qui entoure le magasin. S'il n'existe pas de mur, on devra considérer comme limite :

1° D'un magasin enterré, le pied du talus du massif de terre recouvrant les locaux ;

2° D'un magasin souterrain, le polygone convexe circonscrit à la

projection horizontale sur le sol des locaux et des gaines ou couloirs qui mettent ces locaux en communication avec l'extérieur.

Condition d'application du présent règlement.

Art. 79. — § 1er. — Des dérogations aux prescriptions du présent arrêté pourront être accordées par le ministre des travaux publics, après avis du comité d'électricité.

§ 2. — Le présent règlement ne fait pas obstacle à ce que le service du contrôle, lorsque la sécurité l'exige, impose des conditions spéciales pour l'établissement des installations, sauf recours des intéressés au ministre des travaux publics.

§ 3. — Le présent arrêté annule et remplace l'arrêté du 21 mars 1911.

Délais d'application du présent règlement.

Art. 80. — Les dispositions du présent arrêté qui modifient les dispositions des arrêtés antérieurs, seront applicables aux installations actuellement existantes :

1° Dans un délai à fixer pour chaque cas particulier par l'administration et qui ne sera en aucun cas, inférieur à un an pour les dispositions de l'article 53 (§ 3), de l'article 61 (§ 2) et de l'article 66 ;

2° Dans un délai à fixer dans chaque cas particulier par l'administration et qui ne sera, en aucun cas, inférieur à cinq ans pour les dispositions des articles 42 (§ 2), 51, 52 (§§ 3 et 4) ;

3° Au fur et à mesure des travaux de renouvellement ou de modification et seulement en cas de nécessité dûment reconnue pour les dispositions des articles 29 (§ 1er), 35 (§ 3), 35 (§ 4) (en ce qui concerne l'application de l'article 25 (§ 5), 35 (§ 5, 2e et 3e alinéas), 48 (§ 3), 52 (§ 1er), 59 (§ 2) et 68 (§ 2).

Paris, le 30 juillet 1921.

Yves Le Trocquer.

ÉTUDE ÉCONOMIQUE COMPARÉE
DE DIVERS SYSTÈMES D'ÉMISSION DE T. S. F.

Par MM. le Commandant JULLIEN,
Chef du centre radiotélégraphique de Paris,
et le Capitaine CALVEL,
Chef du centre radiotélégraphique de Lyon.

I

RENDEMENTS COMPARÉS DES POSTES A ÉMISSION MUSICALE ET A ARC POULSEN.

Des mesures de rendement ont été effectuées au poste de T. S. F. du Champ de Mars, sur les systèmes d'émission par alternateurs musicaux et par arcs Poulsen.

On a considéré, dans chaque cas, deux sortes de rendements :

a) le rendement *électrique* de l'installation, défini par le rapport de la puissance des signaux (qui est la même en trait continu et en manipulation) à la puissance moyenne déduite de l'énergie consommée au compteur en trait continu pendant un temps défini ;

b) le rendement *radiotélégraphique* de l'installation, défini par le rapport de la puissance des signaux à la puissance moyenne déduite de l'énergie consommée au compteur *en manipulation* pendant un temps déterminé.

1° Émission musicale.

L'installation électrique comporte un alternateur à 1.000 périodes, entraîné par un moteur alimenté par le secteur de distribution électrique (triphasé 5.000 volts, 25 périodes).

La manipulation est effectuée sur la haute tension (entre batterie de condensateurs et secondaires du transformateur) :

Rendement électrique (en trait continu)
- longueur d'onde 2.600^{m} : $\frac{61 \text{ kW}}{210 \text{ kW}} = 0,29$
- longueur d'onde 3.200^{m} : $\frac{60 \text{ kW}}{210 \text{ kW}} = 0,28$

Rendement radiotélégraphique (en manipulation) { longueur d'onde 2.600^m : $\frac{61 \text{ kW}}{130 \text{ kW}} = 0{,}47$
longueur d'onde 3.200^m : $\frac{60 \text{ kW}}{130 \text{ kW}} = 0{,}46$

2° ÉMISSION PAR ARC POULSEN AVEC ONDE DE COMPENSATION.

L'arc est alimenté par une génératrice à courant continu (1.000 volts environ), entraînée par un moteur alimenté par le secteur triphasé (5.000 volts).

L'énergie dans l'antenne étant à peu près la même pendant les signaux et dans les intervalles entre les signaux, la puissance mesurée au compteur peut être considérée comme la même en trait continu et en manipulation, et le rendement radiotélégraphique comme égal au rendement électrique :

Rendement électrique et radiotélégraphique { longueur d'onde 8.000^m : $\frac{61 \text{ kW}}{215 \text{ kW}} = 0{,}29$.

3° ÉMISSION PAR ARC POULSEN SANS ONDE DE COMPENSATION.

L'énergie dans l'antenne étant nulle entre les signaux, la puissance mesurée au compteur en manipulation est inférieure à la puissance en trait continu :

Rendement électrique (en trait continu) { longueur d'onde 8,000^m : $\frac{55 \text{ kW}}{190 \text{ kW}} = 0{,}29$

Rendement radiotélégraphique (en manipulation) { longueur d'onde 8.000^m : $\frac{55 \text{ kW}}{120 \text{ kW}} = 0{,}45$

Dans le cas de l'émission par arc sans onde de compensation (système Laut), l'énergie consommée dans les intervalles des signaux n'étant qu'une faible fraction de l'énergie consommée pendant les signaux, on constate de brusques variations de puissance, qui se traduisent par des à-coups sur les arbres et les paliers des groupes générateurs.

Cet inconvénient est considéré par certains techniciens comme de nature à entraîner le rejet radical du système.

Mais, en fait, les variations de puissance constatées en manipulation et leurs effets mécaniques paraissent de même ordre de grandeur pour l'arc sans onde de compensation que pour l'émission musicale.

D'ailleurs le système Laut est en fonctionnement normal au poste de la tour Eiffel depuis plusieurs mois et n'a encore donné lieu à aucun incident d'ordre électrique ni mécanique.

L'augmentation de rendement obtenue par l'emploi de ce système est très notable (45 °/₀ au lieu de 29 °/₀).

Des essais effectués au poste de La Doua semblent, d'autre part, indiquer que cette augmentation de rendement serait encore plus considérable avec des arcs plus puissants.

Les arcs fonctionnant sans onde de compensation par le procédé Laut seraient donc, au point de vue du rendement radiotélégraphique, équivalents, sinon supérieurs, aux alternateurs de haute fréquence.

En ce qui concerne le fonctionnement et l'entretien des courants, rien ne différencie les arcs sans onde de compensation des arcs ordinaires.

Enfin, le poste de la tour Eiffel ne possédant pas d'alternateur de haute fréquence et de grande puissance, aucune observation ne peut être formulée ici au sujet de ce matériel.

II

PRIX DE REVIENT COMPARÉS DE LA TRANSMISSION PAR ARC ORDINAIRE ET PAR ALTERNATEUR A HAUTE FRÉQUENCE.

On a procédé, au poste de la Doua (près de Lyon), à des mesures et à des calculs qui permettent une comparaison minutieuse des prix de revient de la transmission par arc ordinaire et par alternateur à haute fréquence.

1° Rendements comparés de l'arc ordinaire et de l'alternateur.

Les tableaux A et B ci-joints contiennent les données nécessaires à la comparaison des rendements.

Les premières lignes de chaque tableau donnent des chiffres relevés à la fin de 1920 et au début de 1921 ; ceux d'octobre-

novembre 1920 ont été relevés à quelques jours d'intervalle et dans des conditions identiques de l'installation ; ces chiffres sont par conséquent comparables entre eux.

Les dernières lignes de chaque tableau (séparées des précédentes par un blanc), donnent des mesures effectuées en mai 1921. Ces mesures sont également comparables entre elles.

On voit que, à puissance égale dans l'antenne, les valeurs obtenues à six mois d'intervalle pour le rendement sont restées les mêmes pour l'arc et ont à peine augmenté de 2 °/₀ pour l'alternateur du fait de certaines améliorations.

De nombreux facteurs (champ, gaz, qualité de l'anode et du charbon, joints, etc...) interviennent dans le fonctionnement de l'arc. Meilleur est le fonctionnement, plus petit est le rapport $\frac{U_c}{I_c}$ et en même temps plus grand est le rendement total.

On a choisi, pour l'établissement du tableau A, les cas dans lesquels l'arc a le mieux fonctionné.

Dans ces conditions, on constate que, pour une puissance de 115 kilowatts dans l'antenne, on a un rendement *commercial* sensiblement de 50 °/₀ pour l'arc et de 55 °/₀ pour l'alternateur, ce qui revient à dire qu'à débit égal l'alternateur ne demande que 54 °/₀ de l'énergie à fournir à l'arc.

Mais, dira-t-on, le circuit d'antenne de l'arc est moins résistant (1,2) que le circuit d'antenne de l'alternateur (1,45), et, comme la partie rayonnante de l'antenne est la même dans les deux cas, à puissance totale égale mise dans le circuit antenne on doit avoir un effet à distance supérieur avec l'arc.

Pour répondre à cette objection, on a mis dans le circuit d'antenne un ampèremètre au point où ce circuit devient commun aux deux installations, c'est-à-dire en aval de la self d'antenne. Quoique la répartition du courant dans l'antenne ne soit pas la même dans les deux cas, nous pouvons admettre que les indications de cet ampèremètre donnent toujours avec une approximation très suffisante la mesure de l'effet à distance.

On trouve que, pour faire marquer à cet ampèremètre 500 ampères, l'usine génératrice doit fournir 377 kW à l'arc et

245 kW à l'alternateur, c'est-à-dire à l'alternateur 65 °/₀ de l'énergie à fournir à l'arc.

2° Constance de fonctionnement de l'arc et de l'alternateur.

Dans ce qui suit, on comprend l'arc et l'alternateur pour la période allant du 1er février 1920 au 1er mai 1921. On ne compte pas les pannes, travaux, dépenses de matières, etc..., qui se rapportent à l'installation générale ou qui intéressent à titre égal l'arc et l'alternateur (c'est le cas de l'eau de refroidissement, par exemple, dont l'arc consomme sensiblement autant que l'alternateur, des chiffons, etc...). On n'a même pas compté les dépenses telles que les frais de rechanges et d'entretien de la manipulation qui, actuellement, sont d'environ 10.000 francs plus élevés pour l'arc que pour l'alternateur. On peut estimer, en effet, qu'on pourrait arriver à utiliser, pour l'un comme pour l'autre, le même système de manipulation.

Pannes. — A) *L'arc* a toujours fonctionné journellement, mais en réalité parce que tout est en double dans l'installation. S'il n'y avait eu qu'un seul arc, il y aurait eu à six reprises des pannes graves atteignant une journée, bien qu'on eût eu sur place toutes les rechanges nécessaires. Ces pannes étaient dues à des fuites d'eau à l'ntérieur des cuves nécesitant un démontage complet. Une de ces cuves est devenue inutilisable, sans qu'on puisse dire si elle pourra être réparée. Une seconde est dans un état défectueux. Il a fallu en racheter une nouvelle.

Ci-dessous les autres pannes moins graves survenues aux arcs en quinze mois du 1er février 1920 au 1er mai 1921 :

13 explosions de cuves n'ayant causé que des dégâts relativement peu importants : bris de quartz, de tiges de fixation de couvercle, d'écrous à oreille, etc... ;

34 engorgements de la canalisation de gaz (par l'eau, la poussière de charbon, etc...) ;

8 avaries aux moteurs d'entraînement de cathodes ; retours de haute fréquence ayant endommagé des appareils.

B. — *L'alternateur à haute fréquence* a subi au début de 1920

TABLEAU A. — Mesures de rendement de l'arc ordinaire 450 kW.

N° de l'essai	Date	Heure	V_{cc}	I_{cc}	$V_{cc}\ I_{cc}$ en kW 4×5	I_A	$W_A = R_A I_A^2$ (3)	Rendement de l'arc propr^t dit $\frac{W_A}{V_{cc} I_{cc}}$	$\frac{V_{cc}}{I_{cc}}$	Conditions de marche	Observations	Puiss^ce totale fournie par Jonage au groupe convertisseur et à son excitatrice en kW	Machines auxiliaires: Compresseurs Pompes à eau (1)	Machines auxiliaires: Moteur charbon et commande à distance (2)	Puissance totale fournie par Jonage et les accus 13 + 14 + 15	Rendement génératrice à courant continu pris sur une courbe (essais de réception)	Puissance absorbée par génératrice à courant continu [illegible]	Rendement de l'ensemble génératrice plus arc $\frac{8}{18}$	Rendement total en exploitation $\frac{R_A I_A^2}{W\ totale} = \frac{8}{16}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
							Rᴀ = 1037	°/°								°/°		°/°	°/°
24	19 octobre	9 h.	660	390	257.5	270	100	38.8	1.69	gaz 2 tours échapp^t	cuve 2 (en manipulation)	309	23 kW4 + 0kW6 = 24 kW.		333	91.9	280	35.6	30
25	d°	9.05	650	375	243.5	260	92.5	38	1.73	2 d°	d°	294			318	91.6	266	34.8	29.1
26	20 octobre	8.55	655	380	248.5	265	96	38.6	1.72	3 d°	d°	299			313	91.6	272	35.2	30.6
33	22 octobre	10.35	660	385	254	270	100	39.4	1.71	1 d°	d°	305			329	91.7	277	36	30.3
34	23 octobre	11	645	375	242	260	92.6	38.2	1.72	1/2 d°	d°	293			317	91.6	265	35	29.1
35	d°	11.15	640	375	240	260	92.6	38.6	1.70	1/2 d°	d°	291			315	91.6	262	35.4	29.3
37	24 octobre	15.10	630	375	236	260	92.6	39.2	1.68	1 d°	d° trait continu	287			311	91.6	258	35.8	29.7
40	d°	16.30	638	380	242.5	265	96	39.5	1.68	2 d° après changem^t anode et charbon	d° d°	293.5			317.5	91.4	265	36.2	30.2
							Rᴀ = 102	°/°								°/°		°/°	°/°
59	7 mai	17	680	445	302	310	115	38.1	1.52	cuve 2, gaz	manipulation	355.5			379.5	92.4	326	35.3	30.2
60	d°	17.10	670	445	298	310	115	38.6	1.50	d°	d°	352			376	92.4	322.5	35.6	30.5
61	d°	17.15	660	440	290	305	115	38.4	1.50	d°	d°	343			367	92.3	314	35.5	30.3

OBSERVATIONS. — (1) Renseignement fourni par le compteur du transformateur 3000/200.

(2) Alimentation par batterie d'accumulateurs.

(3) Entre octobre-novembre 1920 et mai 1921, la résistance apparente de l'antenne a diminué du fait d'améliorations successives et journalières, en particulier dans la prise de terre. Cette résistance se rapporte à l'ensemble comprenant : l'antenne extérieure proprement dite, la grande self réglée pour la transmission avec arc, l'anode et la cathode au contact et la prise de terre comprenant toutes les terres normales réalisables sous le perron de la nouvelle salle.

Date et N°	Nature du signal — Trait ou manip.	Ia Intensité dans l'ant.	Excit. Alternateur	Wattmètre continu: Nombre de tours (1 tour = 150 watt h)	Wattmètre continu: Temps en secondes	Wattmètre continu: Wcc déduit en kW	Compteur Jonage: Nombre de tours (1 tour = 0.3 × 1.800)	Compteur Jonage: Temps en secondes	Compteur Jonage: Wj 3000^V déduit en kW	Compteur transf. N° 2: Nombre de tours (1 tour = 250)	Compteur transf. N° 2: Temps en secondes (1)	Compteur transf. N° 2: Wj 500^V déduit en kW	Wp nécessaire à la moto-pompe de l'alternateur et à celle du transformateur (2)	Wj totale fournie par Jonage en kWs 10+13+14	W 1000^V inutilement absorbée par Jonage alternateur 1000^V (3)	W'H à fournir inutil^mt au mot. pour assurer par pompe à huile le graiss. des paliers de l'alternat^r 1000 per. (4)	Rend. de ... ce
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
6 nov. 2	manip vit. 1200	260	1.35	50.5	149	183	20	168	231	7	379	16.5	3.7	251	17.5	0.8	85
3	d°	260	1.35	20	59 2/5	182	20	170	228	7	379	16.5	3.7	248	17.5	0.8	86
4	d°	260	1.35	30	99	180	16	137 4/5	226	4	218	16.5	3.7	246	17.5	0.8	86
9 nov. 10	d°	255	1.32	39	116	181.5	20	169 1/5	229.5	4	218	16.5	3.7	250	17.5	0.8	85
11	manip.	255	1.32	40	119	182	20	169	230	4	217 2/5	16.5	3.7	250	17.5	0.8	86
13	manip. vit. 1200	245	1.24	30	95 2/5	170	20	181 1/5	214.5			16.5	3.7	235	17.5	0.8	86
14	d°	245	1.24	30	95	169.5	20	182	214			16.5	3.7	234	17.5	0.8	86
20 nov. 30	d°	255	1.36	50	154	175	20	180 4/5	216			16.3	3.7	236	17.5	0.8	85
31	d°	255	1.36	50	153 2/5	176	20	176 3/5	220			16.3	3.7	240	17.5	0.8	85
14 déc. 34	d°	250	1.32	30	95	170	15	130	209	2	110	16.3	3.7	229	17.5	0.8	86
35	d°	245	1.30	23	76	164	8	76	204			16.3	3.7	227	17.5	0.8	85
37	manip.	255	1.35	30	92	175.5	10	90	216			16.3	3.7	236	17.5	0.8	86
22 janv 38	à vide	0	0	15	84 3/5	96	7	100	139			9.8	3.7	143	17.5	0.8	80
2 fév. 46	d°	0	0	20	111 2/5	97	10	148	131			9.8	3.7	144.5	17.5	0.8	80
23	manip.	297	1.36	30	88 4/5	182.4	20	170	228.7			20	→	248.7	17.5	0.8	86
24	d°	297	1.35	40	113	181.5	20	172	225.1			20	→	245.	17.5	0.8	85
25	d°	297	1.35	40	119	181.5	15	130	224.3			20	→	244.3	17.5	0.8	85
26	d°	284	1.22	30	92	176.1	15	136	214.4			20	→	234.4	17.5	0.8	85
27	d°	282	1.22	40	125 2/5	172.2	15	135 1/5	214.7			20	→	234.7	17.5	0.8	86
28	d°	0	0	15	91	89	5	78 2/5	123.9			9.8	3.7	137.4	17.5	0.8	79
29	manip.	259	1.04	30	98	165.3	15	144	202.5			20	→	222.5	17.5	0.8	85.
30	d°	259	1.04	40	131 3/5	164.1	15	143 2/5	203.5			20	→	223.5	17.5	0.8	85.
33	d°	213	0.72	25	96 2/5	140	10	108	180			20	→	200.	17.5	0.8	84.
34	d°	213	0.72	25	96 4/5	139.6	10	109	178.3			20	→	198.3	17.5	0.8	84.
37	d°	160	0.46	20	92 1/5	117.1	8	100 2/5	155.5			20	→	175.5	17.5	0.8	82
38	d°	160	0.46	20	92	117.4	8	109	155.5			20	→	175.5	17.5	0.8	82
39	d°	125	0.34	20	101	106.9	5	68	142.9			20	→	162.9	17.5	0.8	80.
40	d°	125	0.34	20	101 2/5	106.5 (14)	5	68 2/5	142.2			20	→	162.2	17.5	0.8	80.
41	d°	0	0	15	90 3/5	89.4	5	78	124.6			9.8	3.7	138.1	17.5	0.8	79

… pour le graissage de ses paliers	W m fournie par le moteur à altern. H F (7 + 21) × 18 … 16 — 17 — 20 — 22	Énergie dépensée pour excitation de l'altern. H F (4) × 120v (7)	R_A (8)	$R_A I^2_A$	Rendement commercial de l'alternr. et des appareils en aval $R_A I^2_A$ /23 + 24 (9)	Rendement du groupe convertisseur d'alimentation (10)	Énergie inutilement fournie par Jonage du fait des 1000 pér. 19/28	Rendement commerc. de l'ensemble 26/15 (9)	Rendement commerc. de l'ensemble altern. 1000 pér. non compris 26/15 + 29 (11)
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
					%	%		%	%
[illegible]	260	0.15	1.54	104	74.2	84.5	25	41.5	46
[illegible]	231	0.15	1.54	104	75	84.5	25	42	46.7
[illegible]	137.5	0.15	1.54	104	75.5	84.5	25	42.3	47.1
[illegible]	138	0.145	1.54	100	72.3	85.5	24.7	40	44.3
[illegible]	139	0.145	1.54	100	72	85.5	24.7	40	44.4
[illegible]	128.2	0.135	1.54	92.5	72	83.5	25.3	39.3	44.2
[illegible]	129	0.135	1.54	92.5	71.8	83.5	25.3	39.3	44.2
[illegible]	133	0.15	1.54	100	75.2	85	24.8	42,3	47.1
[illegible]	134	0.15	1.54	100	74.2	85	24.8	41.6	45.4
[illegible]	124	0.145	1.54	95.5	74.2	84	25.1	42	47.1
[illegible]	123.5	0.145	1.54	92.5	75	83.5	25.4	42.4	46.2
[illegible]	133	0.15	1.54	100	75	84	25.2	42.3	47.2
[illegible]	59	0	1.54	0	0	77.5	29.3	0	0
[illegible]	60	0	1.54	0	0	77.5	29.4	0	0
[illegible]	130.8	0.15	1.45	127.9	92	84.5	25.1	51.4	57.2
[illegible]	138.9	0.149	1.45	127.9	92.3	84.5	25.1	51.9	57.9
[illegible]	138.9	0.149	1.45	127.9	92.3	84.5	25.1	52.3	58.6
[illegible]	133.9	0.134	1.45	116.9	93.2	84	25	49.8	55.8
[illegible]	131.6	0.134	1.45	115.3	88.2	84	25	49.5	55.6
[illegible]	52.6	0	1.45	0	0	76	30.6	0	0
[illegible]	123.3	0.115	1.45	97.3	78.4	83.5	25.4	43.7	49.3
[illegible]	122.8	0.115	1.45	97.3	77.6	83.5	25.4	43.5	49.1
[illegible]	90.8	0.079	1.45	65.8	65.2	80.5	25.8	32.9	38
[illegible]	90.4	0.079	1.45	65.8	65.4	80.5	26.8	33.1	38.3
[illegible]	78.4	0.051	1.45	37.1	48.6	79	28.2	21.1	25.1
[illegible]	78.6	0.051	1.45	37.1	47.2	79	28.2	21.1	25.1
[illegible]	68.6	0.038	1.45	22.6	32.9	78.3	29	13.8	16.8
[illegible]	68.2	0.038	1.45	22.6	33.1	78.3	29	13.9	16.9
[illegible]	52.9	0	1.45	0	0	76	30.6	0	0

OBSERVATIONS

Remarque générale. — On voit clairement d'après la seconde partie du tableau que le rendement général diminue dans des proportions considérables quand l'intensité mise dans l'antenne est plus faible. Il en résulte que la station de la Doua doit être utilisée av. la puissance en vue de laquelle elle a été établie et qu'elle ne doit pas être chargée d'assurer des communications à trop faible distance.

1. Le compteur du transform. n° 2 totalise l'énergie fournie aux mot. de la pompe à huile de circulation, de la pompe à vide, de la soufflerie (par l'intermédiaire d'un des groupes, excitation de l'amortie).

2. Wp. n'est pas enregistré par le compteur n° 2 de Jonage mais par le compteur du transformateur 3000/200.

4. Cette pompe à huile est entraînée par l'arbre du groupe H F et fournit l'huile de graissage aux paliers de l'altern. H F du moteur cc lui-même de l'altern. 1000 v. L'énergie à lui fournir est pour chacun de ces 3 usages, respectivement de 1.75 kW — 0.95 kW — 0.89 kW soit 3.5 kW.

5. Adm s par comparaison av. des mot. analogues.

6. L'excitation du moteur à cc est assurée par l'excitation 110v en bout d'arbre au groupe convertisseur à cc. Cette énergie ne passe pas par le wattmètre continu qui ne totalise que l'énergie fournie par la dynamo 500v dudit groupe générateur.

7. Cette énergie est fournie par la même excitatrice à 110 v que ci dessus.

8. La résistance apparente de l'antenne a diminué depuis les premières mesures de ce tableau du fait d'améliorations successives et journalières en particulier dans la prise de terre. Cette résistance se rapporte à l'ensemble comprenant : l'antenne extérieure proprement dite, la grande self réglée pour transmission avec l'altern., les secondaires des Teslas (les primaires coupés) et la prise de terre comprenant toutes les terres normales réalisables sous le perron et la nouvelle salle.

9. Ce rendement n'a de signification physique qu'en trait continu. En manipulation le rendement à proprement parler est bien entendu le même. La notion de rendement commercial a toutefois été introduite pour permettre de comparer l'arc à l'altern. pendant la manipulation qui est la condition normale d'emploi. En effet l'arc oblige à la même consommation d'énergie en trait continu qu'en manipulation. L'alternateur au contraire consomme moins en manipulation.

10. Renseignements provenant des essais de recette en usine. (Dossier du poste.) Vérifié sur place.

11. L'altern. 1000 v pourrait être supprimé avec avantage. Il consomme inutilement de l'énergie. Aussi quand l'on désire des données mécaniques générales sur les altern. H F il y a lieu de le supposer supprimé. Il ne faut en tenir compte que quand il s'agit de la consommation réelle du groupe H F tel qu'il existe actuellement à la Doua.

12. Ce rendement devient meilleur après quelque temps de fonctionnement.

13. Ce rendement meilleur du groupe H F et par suite de l'ensemble, par rapport au rendement de janvier 1921, tient à ce que les pertes à vide du groupe H F ont diminué d'environ 8 kw. Cette amélioration peut provenir de différentes causes : diminution de l'entrefer, modification dans les phases des sections, rodage des paliers, modification de la ventilation, etc. La révision prochaine du groupe permettra d'être fixé.

La confection du présent tableau a été décidée après constatation d'un changement dans les rendements depuis janvier 1921.

un coup de feu tenant à une faute de montage commise par le fournisseur.

La réparation a été terminée le 21 janvier 1920 et depuis il n'y a eu *aucune panne*, du fait de l'alternateur proprement dit. On a, depuis le milieu de mai 1920, fait fonctionner l'alternateur systématiquement *tous les jours* à partir de 20h30, sauf aux dates ci-dessous où il n'a pas marché pour des raisons qui, il faut le répéter, sont indépendantes de l'alternateur lui-même.

29 mai. Insuffisance d'eau de refroidissement tenant à un arrêt de la distribution urbaine (cet incident ne se reproduirait plus maintenant qu'on a installé un groupe de moto-pompes supplémentaire).

11 juin. Coupure dans le circuit des bobines 500 V du régulateur de tension tenant à une faute commise dans l'installation du tableau.

8-9-10 juillet. Essais d'un nouveau manipulateur.

5 octobre. Panne à la moto-pompe (même observation que plus haut).

8-9-janvier 1921. Mise en place d'une nouvelle soufflerie.

24-25 janvier. Sans motif.

31 janvier-1er février. Réparation à l'antenne.

20 février. Étincelles au collecteur du moteur continu à 500 V (on aurait pu continuer à transmettre; on a arrêté par prudence).

26 février. Révision du dispositif de manipulation.

13-14-15 mars. 2 étincelles au collecteur du moteur continu même observation que le 20 février).

21-22-24-25 mars. Révision du collecteur du moteur continu (on a arrêté pour raisons de commodité; on aurait pu travailler s'il avait fallu).

27 mars. Sans motif.

En résumé, l'arc est sujet à des avaries assez fréquentes, mais peu graves et facilement réparables avec un atelier bien monté. Toutefois, il convient de se méfier des cuves, dans lesquelles arrivent à se produire des fissures intérieures extrêmement difficiles sinon impossibles à réparer. Il faut avoir une cuve de rechange pour chaque arc et il est prudent de prévoir qu'en moyenne deux arcs mettent une cuve hors de service par an.

Au contraire, le seul alternateur à grande puissance actuellement en service n'a eu aucune panne proprement dite en quinze mois. Mais on ne peut pas dire qu'il n'en aura jamais. Ce sera rare, mais ce pourrait être grave comme dans toutes les machines à grande vitesse et à faible entrefer (turbines à vapeur, etc...).

Entretien courant. — A) *L'arc* nécessite *chaque jour* un et même souvent deux nettoyages complets, chacun d'une durée de plus d'une heure s'ils sont faits consciencieusement. Ces nettoyages sont pénibles ; ils consistent à enlever toute la suie qui s'est déposée dans la cuve, sur les organes qui y pénètrent et dans les canalisations, et à laver ensuite l'emplacement à grande eau.

Tous les quinze jours, nettoyage au jet de sable des quartz salis depuis le nettoyage précédent. Ce nettoyage constitue une vraie corvée pour celui qui en est chargé et qui en sort les vêtements pleins de sable. Cette opération est pourtant indispensable, car elle procure une grosse économie en quartz, évaluée à 10.000 francs par an.

Les joints de l'arc doivent être refaits *chaque jour et parfois plusieurs fois par jour* avec un soin minutieux ; ils doivent être changés environ tous les quatre jours.

Les *anodes* d'ancien modèle devaient être changées *après cinq à huit heures* de fonctionnement (le nouveau type d'anode actuellement à l'essai dure au moins 50 heures) ; les *cathodes* doivent être enlevées *toutes les quatre heures*, refiletées et ajustées.

Enfin le démarrage nécessite des précautions toutes particulières pour éviter des explosions dangereuses pour le personnel et le matériel et qui, malgré tout, se produisent encore une fois par mois environ.

B) *L'alternateur*, au contraire, ne nécessite que les soins qu'on doit apporter à toute machine électrique.

En quinze mois, on a procédé, sans arrêt de l'alternateur, aux opérations suivantes :

8 nettoyages du collecteur du moteur et rodages de charbons,

5 nettoyages du collecteur du moteur du Thury,



115 changements du charbon du régulateur Thury,
3 changements du disque de cuivre du Thury,
12 pleins d'huile de refroidissement (15 litres chaque fois),
10 pleins d'huile de graissage des paliers (5 litres chaque fois),
1 révision du régulateur de tension,
3 réfections de joints à la canalisation d'huile.

Ces opérations sont réellement insignifiantes, et hors de toute comparaison avec celles que nécessite l'arc.

Toutefois il faut, pour être juste, signaler que l'alternateur nécessite une révision de quelques jours tous les dix-huit mois.

Dépenses de fonctionnement et d'entretien. — Dans les dépenses de fonctionnement énumérées ci-dessous, on n'a pas envisagé le courant électrique ; sa consommation fait en somme l'objet du chapitre « Rendement ».

A) *Pour l'arc, en 15 mois :*

39.732 mètres cubes de gaz	25.825,80
1.564 litres d'alcool dénaturé	5.474
12 anodes réformées	1.850
163 réparations d'anodes	1.630
9 balais de génératrice	27
18 — disjoncteur	36
4 — moteur entrainement charbon	6
18 bagues de porte-charbon	144
1 kg. bakélite 38 mm	50
26 rouleaux chatterton	29
236 charbons graphitiques 220/60	1.888
17 charbons — 180/50	76,50
4 coupe-circuits bipolaires	42,25
0 kg. 250 de coton suiffé	5,25
1 rouleau de caoutchouc para	4,80
12 cosses	44,15
1 kg. de céruse	5,50
10 kg. de cuivre rouge	90
22 litres d'essence	44
5 équerres de bronze brut	22,50
0 kg. 200 d'ébonite	3
206 écrous	9,50
20 flexibles entrainement charbon	150
1 kg. 5 de feuille de plomb	22,50
0 kg. 250 de fibre rouge	9,45
5 kg. de graisse consistante	20,65
3 kg. 200 de graisse Belleville	36
5 verres de graisseur	12
330 litres d'huile mouvement	1.188

— huile vaseline	13,85
333 joints amiante caoutchouc	2.664
77 — métalloplastiques	26,95
15 — masses polaires	30
10 — tresse amiante	145,20
0 kg. 250 de kleingerite	3,75
27 lampes	81,60
7 kg. 500 de minium	33,75
2 tubes de micanite	10
2 porte-cathodes de bronze	210
21 porte-charbons complets	1.071
42 litres de pétrole	75,50
3 mètres carrés de papier de verre	4,50
2 kg. de presspann	28
11 kg. de papier d'amiante	134,40
4 kg. 5 de paraffine	10
24 anneaux de quartz	5.184
6 collerettes de quartz	612
2 kg. de soudure à l'étain	24
1 kg. de soudol	36
80 tubes de bakélite	82
46 terres bakélite	46
2 mètres carrés de toile d'émeri	50,60
74 tiges pour couvercle de cuve	222
1 m. de toile jaconas	5
4 kg. de toile diagonale	240
Fr.	48.803,45

Ne pas oublier :

que la plupart des dépenses énumérées ci-dessus monteraient à un chiffre considérablement plus élevé si toutes les pièces de rechange n'étaient pas faites à l'atelier du poste comme c'est le cas :

qu'en réalité elles sont actuellement beaucoup plus élevées que l'année dernière, du fait que l'énergie mise en jeu dans l'antenne est en ce moment beaucoup plus forte (310 kW au lieu de 240 à 250 en moyenne antérieurement) ;

que l'on n'a pas compté les heures d'ouvrier d'atelier employées aux réparations des arcs (réparations de cuves, de canalisations, etc..., etc...) à l'exclusion de celles qui ont été employées à la fabrication des pièces de rechange et auxquelles il vient d'être fait allusion. Ces heures se chiffreraient à un total très important.

B) *Pour l'alternateur, en 15 mois :*

112 balais de charbon pour Thury	218,40
45 — divers de machines	353,25
1 rouleau de chatterton	2,40
35 litres d'essence	70
175 litres d'huile de refroidissement	630
54 kg. d'huile à paliers	135
1,250 — vaseline	1,40
9 lampes	27
15 litres de pétrole	27
5 m. de tube coton verni 8 mm	14
3 m. de tube coton verni 2 mm	5,75
3 disques de cuivre de Thury	120
Fr.	1.604,20

Pour être juste, il faut ajouter qu'il est bon de changer les huiles tous les dix-huit mois. Cette opération, à laquelle il sera procédé au cours de la prochaine révision, coûtera environ 4.100 francs, ce qui, pour une période de 15 mois, conduit à ajouter environ 3.400 aux 1.604 francs trouvés ci-dessus.

Enfin il faut noter que ces renseignements se rapportent à une durée de fonctionnement de l'arc de 3.277 heures, c'est-à-dire de plus du double de celle de l'alternateur, qui n'a été que de 1.445 heures.

En définitive, il apparaît que le fonctionnement de l'arc est *beaucoup* plus dispendieux que celui de l'alternateur.

Personnel. — Il faut pour l'arc un sous-chef de station et deux électriciens.

Il suffit pour l'alternateur d'un sous-chef de station et d'un électricien.

3° Étendue de la gamme de longueurs d'onde utilisée.

Il est évident que, par nature même, l'arc permet d'émettre avec une longueur d'onde pratiquement quelconque, tandis que l'alternateur est construit pour des longueurs d'onde déterminées.

L'alternateur de la Doua permet d'émettre avec les longueurs d'onde 15.000, 18.000 et 22.500 en modifiant les réglages. Le poste n'a l'expérience que de la longueur d'onde 15.000. Le jeu du régulateur Thury permet de faire varier la vitesse de 4 %

en plus ou en moins ; les plages de longueurs d'onde produites avec l'alternateur de la Doua sont donc :

14.400 à 15.600,
17.300 à 18.700,
21.600 à 23.400.

Le passage d'une plage à l'autre nécessiterait d'ailleurs un réglage des appareils, d'une durée d'environ un jour.

En réalité, la question de possibilité d'émettre sur plusieurs longueurs d'onde n'a pas en général l'importance qu'on serait tenté à première vue de lui apporter. Une station doit avoir son individualité : quand après discussion on a choisi une longueur d'onde, il faut adopter le matériel à cette longueur d'onde et s'y tenir. Quel que soit le système adopté, arc ou alternateur, l'installation a un rendement maximum pour une longueur d'onde déterminée : il ne faut pas modifier cette dernière.

Depuis que la Doua ne transmet plus que sur 15.200 mètres uniquement au lieu de transmettre sur 8.000, 10.000 et 15.000 comme c'était le cas il y a trois ans, l'exploitation y a gagné.

4° Variation de la fréquence.

Quand le vent souffle violemment, il modifie la forme de l'antenne et par suite sa longueur d'onde propre.

Avec l'arc, la longueur d'onde d'émission suit exactement les variations de la longueur d'onde propre de l'antenne ; l'intensité ne varie pas. Il en résulte qu'au poste récepteur la note varie comme hauteur en produisant l'effet de tyrolienne, mais sans affaiblissement.

Avec l'alternateur, au contraire, la résonance de la machine et de l'antenne se trouve réduite, et l'intensité hausse de façon très sensible. D'autre part, la charge de la machine varie. Il en résulte qu'au poste récepteur, si la note ne varie pas beaucoup comme hauteur, par contre son intensité est par instants très affaiblie. Si l'antenne de la Doua était plus tendue, et si, en particulier, sa descente, au lieu d'être inclinée à 45° sur l'hori-

zontale, était verticale comme à Croix d'Hins, cet inconvénient de l'alternateur serait sensiblement atténué.

5° Résumé et conclusions.

a) Si, en ce moment, on avait à installer à la Doua une station devant travailler dans les mêmes conditions générales que la station actuelle, il faudrait la munir de deux génératrices alimentant deux alternateurs à haute fréquence, de préférence à deux arcs avec onde de compensation.

b) On réaliserait ainsi, pour une période de fonctionnement de *15 mois à 10 heures par jour* en moyenne, une économie se décomposant comme il suit, toutes choses égales d'ailleurs :

Économie de courant (décompté à 0 fr. 11 le kWh)......	70.000 fr.
— de l'électricien de machine.....................	7.000
— d'heures d'ouvrier d'atelier ....au moins	10.000
— de gaz, matières consommables, rechanges....	54.300
Remplacement d'une cuve (une en moyenne par an)......	30.000
Économie totale.........	171.300 fr.

Ces chiffres se déduisent directement des renseignements numériques fournis ci-dessus. Comme il a été expliqué auparavant, ils seraient même sensiblement plus élevés si l'on tablait également, au point de vue des matières consommables, des rechanges, etc..., sur l'énergie mise actuellement dans l'antenne, laquelle est les 3/2 de l'énergie moyenne mise en jeu au moment où tous ces chiffres ont été relevés.

c) Il n'est guère probable que la réalisation de la suppression de l'onde de compensation pût amener une économie de courant (par rapport à l'arc avec onde de compensation) supérieure à 70.000 francs et par conséquent suffisante pour faire préférer l'arc sans onde de compensation à l'alternateur.

d) Mais il serait nécessaire de réaliser une antenne moins déformable par vent fort.

e) Dans ce qui précède, on n'a pas fait entrer en ligne de compte les frais de premier établissement dans les raisons déterminant le choix entre l'arc et l'alternateur. Faute de savoir les

prix actuels d'un arc et d'un alternateur capables de mettre 200 kW dans l'antenne, il n'est pas possible d'apprécier si, du fait de l'amortissement, l'alternateur conserve l'avantage pécuniaire établi ci-dessus.

f Si le poste devait travailler 24 heures sur 24, il serait utile de le constituer avec trois machines au lieu de deux. On aurait ainsi une sécurité complète.

Le réseau téléphonique interurbain de la Grande-Bretagne. [1]

par Sir W. NOBLE,
Ingénieur en chef du Post Office britannique.

RÉSUMÉ.

Le présent mémoire a trait au développement du réseau téléphonique interurbain anglais depuis l'année 1905.

L'auteur envisage plus particulièrement les perfectionnements apportés aux installations au cours des dix dernières années, surtout en ce qui concerne les câbles souterrains. Le développement du service interurbain a pris de telles proportions depuis 1905 que toutes les lignes sur appuis posées le long des routes, des voies ferrées et des canaux se sont trouvées encombrées ; la difficulté qu'on éprouvait à se procurer de nouvelles communications n'a fait que croître depuis cette époque jusqu'à nos jours. On est parvenu à résoudre cette difficulté en perfectionnant les câbles téléphoniques souterrains ; le nouveau réseau interurbain sera presque exclusivement souterrain.

L'auteur expose les premiers travaux des ingénieurs du Post Office, signale les méthodes et appareils permettant d'équilibrer les câbles souterrains en vue de les soustraire aux troubles par interférence mutuelle (crosstalk). Ces travaux déjà anciens ont conduit aux méthodes modernes plus précises, appliquées pour la première fois en 1914 sur le câble Londres-Liverpool ; discussion des problèmes soulevés par la réussite de cette entreprise.

Le relais téléphonique ne devint réellement pratique que le jour où l'on put utiliser la lampe à 3 électrodes comme appareil amplificateur ; l'emploi des relais téléphoniques sur les circuits interurbains a révolutionné la science des communications à longue distance.

L'auteur décrit ensuite les méthodes de doublement des lampes amplificatrices (ce qui permet l'exploitation en duplex) et les méthodes de mesure des caractéristiques des lignes téléphoniques en vue de réaliser l'équilibre des lignes artificielles qui est nécessaire au fonctionnement en duplex.

---

(1) *Journal of the Institution of electrical engineers*, avril 1921.

Il explique dans quelles conditions fonctionnent les relais du réseau interurbain et quelles sont les économies qui résultent de leur emploi.

Au mémoire est jointe une carte qui reproduit le tracé du futur réseau des câbles souterrains anglais.

Les câbles téléphoniques sous-marins ont été l'objet de nombreux perfectionnements depuis la communication faite à leur sujet en 1910 par le colonel O'Meara. Suivent quelques détails relatifs aux plus récents perfectionnements, à la charge continue des câbles notamment.

L'auteur termine par quelques renseignements relatifs à la téléphonie à haute fréquence et à son emploi sur les circuits à longue distance.

C'est la première fois depuis 1905 que le sujet du présent mémoire est soumis à l'*Institut des ingénieurs électriciens*; cette année-là, Mr. Gavey (aujourd'hui sir John Gavey) faisait allusion aux téléphones interurbains dans son discours d'inauguration. Antérieurement à ce discours, un seul mémoire traitant de la question qui nous occupe avait été publié dans le *Journal* de l'Institut; il était intitulé « Le réseau téléphonique interurbain anglais »; son auteur, Mr. Gavey, l'avait fait paraître en novembre 1896.

Je pense donc qu'il serait superflu de m'excuser d'aborder ce sujet après un laps de temps aussi long, d'autant plus que tout récemment il a fait l'objet de nombreuses communications parues dans les revues techniques ou dans les grands quotidiens. En 1905, Mr. Gavey faisait allusion à deux problèmes fondamentaux non encore résolus : 1° invention d'un relais téléphonique (repeater) vraiment efficace; 2° la possibilité d'étendre la portée des câbles sous-marins.

Le second problème a été traité par le colonel W. A. J. O'Meara dans le mémoire qu'il a présenté à l'Institut en décembre 1910 sous le titre : « Des câbles sous-marins pour circuits téléphoniques à longue distance ». Le premier problème a été résolu depuis 1910; nous allons voir comment et quelles en sont les heureuses conséquences.

Pendant les 4 ou 5 dernières années, la science des communications téléphoniques à longue distance a été, pour ainsi dire,

complètement bouleversée par l'évolution de l'amplicateur à lampe et par son utilisation comme relais téléphonique (repeater). Sans la guerre, il aurait été possible d'étudier plus tôt le caractère de cette révolution au point de vue de son influence marquée sur l'invention et la fabrication des appareils téléphoniques.

La tâche qui m'incombe se trouve facilitée en raison de ce que, depuis l'armistice, un grand nombre d'articles relatifs aux amplificateurs à lampe ont été publiés dans le *Journal* de l'Institut; d'autre part, les revues techniques ont abordé à maintes reprises ce sujet. Il m'est donc permis de supposer que les membres de l'Institut sont aujourd'hui parfaitement familiarisés avec la théorie de la lampe à 3 électrodes et avec les méthodes qui permettent de l'utiliser comme appareil d'amplification des courants de conversation ; je m'attacherai donc surtout à vous montrer quels effets a produits l'introduction de la lampe dans la technique téléphonique.

A l'heure actuelle, la téléphonie à longue distance se divise en deux branches principales :

a) Communication des centres commerciaux les plus importants entre eux.

b) Communication avec les régions éloignées et avec l'étranger.

Dans le premier cas, il faut prévoir un grand nombre de circuits dont la longueur peut atteindre 720 kilomètres ; par exemple, les circuits Londres-Manchester, Londres-Glasgow ; dans le second cas, il suffit d'un petit nombre de circuits (un ou deux généralement) posés sur des distances plus considérables ; par exemple, les circuits Londres-Belfast, Londres-Bruxelles, Londres-Paris et Marseille, et ainsi de suite vers Rome, Madrid, Constantinople et même le Caire.

Suivant le cas, les problèmes qui se posent à l'ingénieur des téléphones sont essentiellement différents.

Il semblait qu'on avait atteint, au cours des 10 premières années du siècle, les distances maxima sur lesquelles l'échange des communications téléphoniques était possible et qu'il n'y avait pas d'autre solution que celle consistant à utiliser des con-

ducteurs en cuivre du plus fort calibre pratique, posés sur appuis, fortement isolés et groupés en paires ou en quadrilles, afin de réduire au minimum les troubles par interférence mutuelle. En Angleterre, le type de conducteur de ce genre (adopté parce que le plus économique) pesait 600 livres (270 kg environ) au mille (1609^{m}). Pendant les dix dernières années du XIXe siècle, on avait construit des circuits dont les conducteurs pesaient 360 kg. par mille; mais, étant donné les distances courantes en Angleterre, ils offraient si peu d'avantages par rapport aux précédents, qu'ils ne dédommageaient pas des frais plus élevés de construction et d'entretien résultant de leur emploi.

L'affaiblissement total $\beta l = 2,5$ (représentant un rapport de l'ordre de 7 1/2 % entre les courants reçus et transmis, c'est-à-dire une perte de 92 1/2 %) limitait l'emploi commercial des conducteurs de 270 kg à des distances égales au plus à 1.440 km.

Mais, en Angleterre, on n'avait jamais pu obtenir l'efficacité maxima d'un circuit aérien en raison de la présence nécessaire de faibles portions en câbles (traversées de ville, de rivières, etc...); l'efficacité moyenne obtenue pratiquement ne dépassait jamais 60 %.

Malgré ces conditions défavorables, on obtenait un bon service commercial sur de longs circuits tels que Londres-Glasgow, Londres-Dublin, Londres-Paris et Londres-Bruxelles; et les lignes qui reliaient la métropole à ces villes éloignées disposaient d'une marge suffisante pour permettre d'atteindre des centres téléphoniques moins importants situés dans leurs zones respectives.

Entre 1896 (année du rachat) et 1910, on avait pu poser le long des routes et des voies ferrées un nombre suffisant de circuits interurbains pour répondre aux besoins du public. Le tableau ci-après indique comment avec le temps a augmenté le nombre de ces circuits destinés à relier Londres aux centres provinciaux les plus importants.

Circuits interurbains reliant Londres aux villes principales.

	1901	1905	1908	1914-15	1920	Prévisions 1925	1930
Birmingham........	4	7	14	32	37	60	76
Liverpool.	8	10	14	35	37	63	80
Manchester........	6	6	10	17	21	47	61
Leeds.............	2	2	9	13	14	20	24
Newcastle..........	1	2	8	10	9	14	17
Glasgow...........	4	4	4	6	6	10	12
Bristol.............	3	5	6	15	17	27	30
Cardiff.............	2	4	10	14	18	26	29
Southampton.......	1	4	6	11	11	30	25

Il convient de ne pas perdre de vue que les appuis qui supportent les circuits interurbains doivent en outre supporter les lignes plus courtes destinées à relier entre elles les villes moins importantes situées sur le parcours. Par exemple, une des lignes Londres-Manchester passe par Northampton, Leicester, Derby et Buxton ; ses appuis portent les circuits qui desservent ces localités. De plus, il faut tenir compte des exigences du service télégraphique.

En 1910, la congestion des lignes aériennes principales devenait inquiétante, et, en particulier, aux abords de Londres, il était pratiquement impossible de poser de nouvelles lignes sur appuis. L'étude relative à l'extension du trafic qu'on avait entreprise à cette époque permit de prévoir qu'on aurait besoin d'un nombre de circuits interurbains qu'il ne fallait pas songer à construire sur poteaux dans la forme ordinaire ; aussi dressa-t-on les devis d'un certain nombre de lignes construites à travers champs sur pylônes en acier susceptibles de supporter un grand nombre de conducteurs. Mais, à ce moment, il fut possible d'envisager le développement du réseau interurbain en s'appuyant sur les résultats d'une longue série d'expériences relatives à la pupinisation des circuits interurbains suivant les principes posés en 1900 par le professeur Pupin. Les premiers essais effectués en Angleterre eurent lieu au moyen de bobines d'inductance sans

fer; celles-ci furent remplacées dans la suite par des bobines du type perfectionné à noyau introduit sur la place par la Western-Electric C° de New-York. Étant donné les conditions atmosphériques aux États-Unis, cette compagnie avait pu accroître de 2,5 % l'efficacité de transmission des lignes aériennes, mais en Angleterre, le climat était loin d'être aussi favorable; lors même qu'on aurait pu atteindre chez nous un résultat aussi bon qu'en Amérique, le problème posé par la congestion des lignes sur poteaux n'aurait pas été résolu; toutefois, on aurait pu réduire dans de notables proportions le poids des circuits aériens en cuivre.

Entre temps, les essais de pupinisation des câbles téléphoniques interurbains donnaient des résultats très encourageants; aussi, l'attention du service des recherches techniques du Post Office se portait-elle plus spécialement vers cette branche du progrès. La fabrication des câbles téléphoniques sous papier et sous plomb avait atteint déjà un haut degré de perfectionnement; les câbles fabriqués en Angleterre étaient, et sont encore aujourd'hui, les meilleurs du monde entier. L'historique du perfectionnement des câbles téléphoniques à longue distance est un témoignage de la persévérance opiniâtre apportée à la solution de problèmes scientifiques et pratiques toujours plus nombreux au fur et à mesure que le progrès avançait, problèmes qui souvent apparaissaient de prime abord comme insolubles. Il sera instructif de passer en revue les diverses étapes de ces perfectionnements et de rappeler comment on sut triompher de toutes les difficultés.

Les premiers câbles téléphoniques souterrains à longue distance étaient du même type que les câbles télégraphiques souterrains utilisés jusqu'alors. Ils étaient composés de conducteurs en cuivre, pesant 18 kg 150 au mille (1609^{m}) et recouverts de gutta-percha; après revêtement, le diamètre total atteignait 174 mm. Pour fabriquer un câble téléphonique, on enroulait quatre de ces conducteurs isolés autour d'un noyau en jute, puis on les entourait de ruban goudronné; on prenait deux fils en diagonale pour constituer un circuit. Les constantes des circuits de ces câbles étaient, par mille :

$$R = 44 \text{ ohms}$$
$$C = 0{,}2\ \mu F$$
$$L = 1{,}5 \text{ mH}$$
$$\text{isolement} = 1.000 \text{ megohms}$$
$$\text{constante d'affaiblissement} = 0{,}12 \text{ à } 800\ \omega \text{ par seconde.}$$

Le peu d'efficacité de ces câbles limitait leur emploi aux sections finales dans les grandes villes et aux entrées des circuits téléphoniques dans les postes de coupures.

On se servait également de conducteurs sous caoutchouc, mais plutôt rarement en raison de ce qu'en pratique ils donnaient de moins bons résultats que les câbles sous-gutta.

La mise en service de câbles à air sous papier et sous plomb, peu après 1900, parut apporter une solution au problème de la construction des lignes téléphoniques souterraines, malgré que les premiers essais avec ces câbles aient été plutôt décourageants. Plusieurs sections avaient été reconnues défectueuses, et jusqu'au moment où ils en avaient découvert la cause et trouvé des remèdes appropriés, les ingénieurs chargés de l'entretien des lignes hésitaient à remplacer les vieux câbles sous gutta par les nouveaux câbles à air.

Questions de commodité en ce qui concerne le tirage et l'épissage mises à part, il restait à comparer les deux types de câbles au point de vue de leur résistance aux décharges atmosphériques ; à ce propos, les câbles sous gutta paraissaient nettement les plus avantageux.

Sauf dans le cas où les courtes sections en câble sont munies à chacune de leurs extrémités de parafoudres très efficaces, elles constituent, lorsqu'elles sont reliées à de longues lignes aériennes parfaitement isolées, de réelles distances explosives par rapport aux décharges atmosphériques. Au moment où l'on commença de se servir des câbles à air, le parafoudre-étalon consistait en un petit tube à vide à électrodes de platine (fig. 1). Ces tubes étaient placés dans des boîtes en bois de teck, à l'abri des intempéries ; on fixait les boîtes sur les poteaux aux points de jonction des sections en câble avec les sections aériennes. Le vide dans

les tubes était poussé jusqu'à 2 mm de mercure environ. En dépit de l'application des mesures prescrivant la vérification fréquente des parafoudres (spécialement après les orages), les câbles étaient souvent mis hors d'usage par les décharges atmosphériques; et, tandis que dans le cas d'un câble sous gutta le dérangement se trouvait limité à un ou deux circuits tout au plus, dans le cas d'un câble à air, l'enveloppe de plomb était fondue,

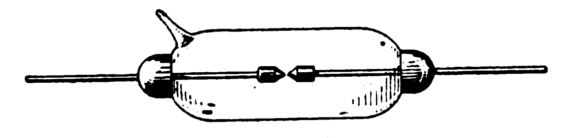


Fig. 1.

l'humidité pénétrait tôt ou tard et l'ensemble des circuits du câble cessait de fonctionner. Le remplacement d'un câble sous-gutta défectueux est une chose relativement facile à effectuer en peu de temps, mais lorsqu'il s'agit d'un câble à air, l'opération est fastidieuse et difficile; les circuits demeurent indisponibles pendant plusieurs jours, d'où un manque à gagner relativement considérable. De nombreuses expériences ont prouvé la supériorité des câbles à air sur les câbles sous gutta en ce qui concerne les faibles portions urbaines des circuits téléphoniques. Aucun dommage occasionné par la foudre lorsque les circuits sont entièrement souterrains. Lorsqu'on eut imaginé un paratonnerre plus efficace et des méthodes de tirage et d'épissage perfectionnées, on dut reconnaître que les câbles sous plomb convenaient parfaitement pour les lignes interurbaines ; à la fin du siècle dernier, les câbles téléphoniques souterrains sous-gutta commencèrent à tomber en désuétude ; pour effectuer les remplacements on ne se servait que de câbles à air.

En raison de ce que l'efficacité de transmission des câbles à air est supérieure et de ce qu'ils permettent l'emploi de conducteurs beaucoup plus lourds que ceux des câbles sous gutta, on peut augmenter la longueur des sections souterraines, ce qui solutionnait, du moins en partie, le problème rendu chaque jour plus compliqué, de l'équipement d'un grand nombre de circuits

dans les zones urbaines et dans les villes principales têtes de lignes. Mais, en augmentant ainsi la longueur des sections souterraines, on se heurtait à une nouvelle difficulté inconnue avec les câbles sous gutta ; nous voulons parler de l'interférence mutuelle (cross-talk) entre circuits voisins.

Dans le cas des câbles sous gutta, la distance moyenne entre les circuits bifilaires et la longeur comparativement faible des sections souterraines étaient telles qu'elles n'augmentaient pas de façon appréciable les effets d'interférence mutuelle entre circuits voisins ; il en était tout autrement dans le cas des câbles à air, en raison de ce que les circuits étaient étroitement groupés et de ce que les portions en câble étaient beaucoup plus longues; les troubles par interférence produisaient un effet désastreux sur le fonctionnement des circuits à longue distance.

Tout d'abord cet inconvénient parut insurmontable, mais vu l'importance de ce problème au point de vue de l'échange des communications interurbaines, les ingénieurs du Post Office étudièrent la question avec la plus grande attention.

De juillet à octobre 1899, MMrs. F. Tremain et A. W. Martin, étudièrent à fond les propriétés électriques de la section Londres-Leamington du premier câble souterrain à air Londres-Birmingham ; cette section a une longueur de 150 km.

Les études avaient pour but principal de comparer entre eux les effets de cross-talk entre circuits téléphoniques voisins et les troubles par induction entre circuits télégraphiques pour les deux types de construction utilisés sur cette section de câble. Entre Cricklewood et Eddlesboro, c'est-à-dire sur 45 km environ, les conducteurs du câble sont groupés par quatre, tandis que dans le reste de la section les conducteurs sont câblés par paire. Malgré que les constructeurs aient fait de leur mieux pour rendre le câble homogène en vue de réduire les troubles par interférence mutuelle, on constata que sur un circuit formé des deux fils en diagonale d'un groupe on pouvait surprendre les conversations échangées sur l'autre circuit du groupe ; mais, dans la portion de 45 km, on ne constatait aucun phénomène de cross-talk entre circuits de deux groupes voisins. On attribua ces

phénomènes à la distorsion produite dans le groupe de 2 paires combinables et on arriva à cette conclusion qu'il était impossible, en cours de fabrication, de remédier à ce défaut particulier à ce genre de câbles à air. On étudia ensuite les effets par interférence mutuelle entre circuits voisins lorsque les conducteurs étaient câblés par paire ; on reconnut qu'alors les phénomènes étaient négligeables sur une longueur de 83 km lorsque les deux circuits ne restaient pas voisins sur une longueur supérieure à 8.400 mètres. Cette proportion $\frac{1}{10}$ entre la longueur totale des circuits et celle des portions parallèles servit plus tard d'indication pour calculer convenablement les rotations destinées à supprimer ou à réduire les troubles par interférence mutuelle.

Au cours de leurs expériences sur la portion en quadrilles les ingénieurs constatèrent qu'ils pouvaient faire disparaître les troubles en question entre deux circuits du même groupe en permutant chaque conducteur, puis chaque paire de conducteurs en 6 points intermédiaires de cette portion. Ils recoururent à 7 types différents de rotation : types A, B et C, dans lesquels on permute chaque conducteur, soit dans les deux paires, soit dans l'une seulement ; type D, dans lequel on permute une paire de conducteurs avec l'autre paire, types E, F et G, dans lesquels on permute les paires entre elles outre les conducteurs de l'une ou des deux paires. Cette méthode systématique épuisait toutes les combinaisons de rotations qu'il était possible de faire sur les deux circuits d'un quadrille. Tremain et Martin ont prouvé qu'on pouvait, aux 6 points intermédiaires, effectuer 42 rotations simples sans permuter entre eux les groupes de 4 fils. En effectuant 630 rotations (soit d'un seul fil, soit des paires de fils) aux points de rotation intermédiaires, ils réussissaient à protéger les circuits de cette section de 45 km contre tout phénomène d'interférence mutuelle (cross-talk) sans qu'il soit besoin de permuter les groupes, ce qui, à l'époque, offrait un avantage pratique considérable. Les études poursuivies sur la portion en conducteurs câblés prouvèrent qu'il ne se produisait pas de troubles appréciables lorsqu'on permutait les paires de conducteurs aux points

de rotation en sorte que deux paires de conducteurs ne fussent pas parallèles (ou voisines) sur une longueur supérieure à plus de 10 % de la longueur totale du circuit. Un peu plus tard, pour réaliser facilement cette condition, on enveloppa les groupes dans des papiers de couleur différente. L'équilibre ainsi obtenu était parfait au point que les circuits téléphoniques situés au centre du câble ne souffraient nullement du voisinage des circuits télégraphiques unifilaires placés dans la couche extérieure et *vice-versa*. On constata en outre qu'un circuit télégraphique bifilaire exploité au moyen d'un appareil rapide n'agissait pas de façon appréciable sur le circuit téléphonique voisin. Même un appareil Wheatstone restait sans effet sur le circuit téléphonique, à condition qu'une paire de conducteurs fût intercalée entre les deux circuits. Enfin, on remarqua que si la règle des rotations était rigoureusement appliquée, on pouvait utiliser les circuits bifilaires indistinctement pour téléphoner ou pour télégraphier.

Il convient de remarquer qu'avant d'obtenir ces résultats, les ingénieurs en question avaient jugé nécessaire de mesurer la capacité électrostatique de chacun des fils, dans chaque section du câble et, en outre, leur résistance, en utilisant les appareils qui à l'époque donnaient les renseignements les plus exacts possibles ; les valeurs étaient exactes à $\frac{1}{10.000}$ près en ce qui concerne les capacités et à $\frac{1}{5.000}$ près en ce qui concerne les résistances.

Les procédés de raccordement, fruits d'expériences antérieures, remplissaient les conditions requises par le Post Office ; il en fut ainsi jusqu'au jour où l'on recourut aux bobines d'inductance pour améliorer l'efficacité des circuits téléphoniques. La présence des circuits téléphoniques pupinisés dans les câbles souterrains imposa une nouvelle étude des méthodes consistant à grouper dans un même câble des circuits télégraphiques et téléphoniques, en raison de ce que les circuits pupinisés plus efficaces que les non pupinisés étaient en même temps plus sujets à occasionner des troubles par induction. L'expérience prouva en effet que les

circuits télégraphiques unifilaires exploités au Wheatstone produisaient de sérieuses perturbations sur les circuits téléphoniques pupinisés groupés dans le même câble ; ces effets se produisaient même dans le cas de circuits télégraphiques bifilaires.

En raison de ces difficultés, il fallut pendant un certain temps construire des câbles distincts, les uns ne comprenant que les circuits téléphoniques, les autres que les circuits télégraphiques. Le réseau souterrain interurbain continuant à se développer énormément, on reconnut qu'il était peu économique de continuer ces errements, et on fit des efforts considérables pour triompher de ces difficultés. On s'aperçut qu'il fallait abandonner la méthode consistant à combiner les circuits téléphoniques pupinisés avec d'autres circuits téléphoniques également pupinisés si l'on s'en tenait au degré d'équilibre entre conducteurs jugé suffisant dans le cas de circuits non chargés. C'est en 1912 qu'on reconnut qu'il fallait renoncer à grouper dans un même câble des circuits télégraphiques et des circuits téléphoniques pupinisés, et en outre qu'il était impossible d'obtenir de bons résultats en superposant des circuits fantômes pupinisés sur des circuits téléphoniques physiques également chargés sans avoir au préalable amélioré la symétrie des conducteurs des câbles souterrains, ou encore leur équilibre grâce à un choix judicieux des sections dont ils étaient formés.

C'est en vue de résoudre ces difficultés que le service des recherches du Post Office refit une étude approfondie de la construction des câbles et de leur équilibrage au moyen d'une bonne sélection des conducteurs de raccordement. Dès le mois de janvier 1913, M. Pollock commença de rechercher quel rapport existait entre l'interférence mutuelle et les effets de capacité mutuelle entre les conducteurs aussi bien qu'entre ceux-ci et la terre, lorsque les câbles mesurés sur de faibles longueurs étaient formés de paires combinables ou de conducteurs câblés ; il imagina des appareils qui permettaient de mesurer, avec un degré d'exactitude suffisant, les effets de capacité ; il se servait pour cela d'un courant alternatif de fréquence téléphonique. Il fit construire des câbles spéciaux de faible longueur et formés d'une grande variété de couches de conducteurs ; leur étude prouva que si

certaines méthodes d'enroulement donnaient aux expériences de bons résultats, les fabricants de câbles ne pourraient jamais réaliser complètement la symétrie dans l'espacement des conducteurs, laquelle est nécessaire pour garantir un équilibre suffisant des diverses capacités entre les conducteurs aussi bien qu'entre ceux-ci et la terre. On obtint une formule approchée permettant de connaître la relation qui existe entre l'effet total d'interférence mutuelle d'une part et les rapports des capacités des conducteurs d'autre part ; puis on détermina une méthode systématique permettant de réduire sensiblement les effets dus au déséquilibre des capacités pour une courte longueur de câble, grâce aux choix judicieux des conducteurs de deux portions contiguës possédant des caractéristiques sensiblement égales mais de sens contraire, de sorte qu'une fois réunies leurs effets s'équilibrent. Ce plan était basé sur le même principe que la méthode préconisée antérieurement par MM. Tremain et Martin ; il n'en différait que par le mode d'application. Afin d'obtenir le degré d'équilibre voulu dans le cas de circuits pupinisés et combinés, on reconnut la nécessité de vérifier chaque bobine de câble longue d'environ 160 m (et non plus seulement les portions posées longues de 8 km), et de choisir à l'avance les conducteurs à raccorder tous les 160 m, en permutant les groupes de 4 conducteurs aussi bien que les paires de fils et les fils pris isolément. Les procédés de sélection et de mesure des conducteurs sont fatalement compliqués et difficiles ; un certain nombre d'ingénieurs du service des recherches du Post office ont contribué pour une large part aux expériences théoriques, aux calculs mathématiques qui ont conduit aux méthodes pratiques d'équilibrage des câbles.

C'est en 1913 qu'on appliqua pour la première fois en Angleterre la méthode moderne d'équilibrage des câbles souterrains obligatoirement pupinisés et comprenant des circuits combinés également pupinisés ; il s'agissait alors de remplacer les circuits aériens Leeds-Hull par un câble mixte (circuits télégraphiques et téléphoniques) long de 83 km. Les travaux commencèrent en juin, le 23 novembre le câble était mis en service. Il est intéres-

sant, car plus de 90.000 mesures de capacité furent faites au cours des travaux de construction et parce que, tout le long du parcours, chaque mille (1609^{m}) fut équilibré avec le maximum de précision. Sans modifications, ni réglages, le câble fut reconnu apte à fonctionner sans effets d'interférence ni troubles d'autres espèces : il comprenait sous une même enveloppe, des circuits téléphoniques réels pupinisés, des circuits combinés également pupinisés, et des circuits télégraphiques exploités au Wheatstone tous fonctionnant simultanément sans se gêner mutuellement. Ce serait sortir du cadre de notre étude que de décrire la méthode d'équilibrage employée ; on la trouvera exposée en détail dans une publication technique du Post office que le public pourra se procurer incessamment à la Librairie Royale ; la bibliothèque de l'Institut en possède déjà plusieurs copies.

Il est de notre devoir de rendre hommage en passant aux remarquables travaux d'un membre (décédé depuis peu) du service des recherches techniques du Post Office, qui a contribué pour une large part au perfectionnement de la science des communications téléphoniques. Je veux parler de feu Charles E. Hay. Ses travaux sur les méthodes de mesure au moyen du pont à courant alternatif sont en tous points remarquables.

Le programme des extensions à réaliser en 1914 comprenait la construction d'une canalisation pour câbles entre Londres et Liverpool via Birmingham. La pose du premier câble commença cette année-là ; en juin 1915 on avait atteint Birmingham ; on atteignit Liverpool en 1916. Le câble comprenait 30 circuits Londres-Liverpool et 42 circuits Londres-Birmingham et Birmingham-Liverpool (voir appendice I).

Les résultats obtenus sur ce câble dissipèrent tous les doutes qu'on aurait pu concevoir dans la suite quant à l'aptitude des câbles souterrains à décongestionner les lignes aériennes, mais on s'aperçut bientôt que ce succès même posait de nouveaux problèmes.

Le service que ce câble permettait d'assurer était tel par rapport à celui fourni par les circuits aériens que le trafic, entre les grands centres qu'il reliait, prit un essor rapide. Non seulement

chaque circuit du câble était plus « silencieux » (c'est-à-dire exempt des bruits gênants perçus sur les longues lignes aériennes) mais l'ensemble des groupes de circuits était d'un fonctionnement beaucoup plus sûr ; ils étaient protégés contre les mauvais temps qui, en Angleterre, interrompent si souvent le trafic sur les circuits aériens. Il n'est pas rare en effet que les longues lignes aériennes subissent des interruptions atteignant 10 ou 15 °/₀ de la durée du fonctionnement ; rien de tel sur les circuits en câbles.

Pendant la guerre, alors qu'on avait, au profit des armées, réduit considérablement le personnel chargé de l'entretien des réseaux, (ce qui se traduisait par des interruptions prolongées sur les lignes aériennes en dérangement), le câble Londres-Liverpool a sauvé plus d'une fois le service interurbain d'un véritable désastre.

Tel fut le cas notamment après l'épouvantable tempête de mars 1916 qui fit de si grands ravages. Personne parmi vous n'ignore les effets de cette tempête, malgré qu'à l'époque la censure ait interdit la publication de tous détails s'y rapportant. Aujourd'hui qu'il n'y a plus lieu de tenir secrets ces sortes d'incidents, il peut être intéressant de dire deux mots des dévastations causées par cet ouragan qui balaya tout le pays du nord-est au sud-ouest. Sur une largeur de presque 160 km, entre le Wash et le canal de Bristol, le vent soufflait à une vitesse supérieure à 120 km à l'heure. L'ouragan atteignit la côte orientale le 27 mars vers 7 heures du matin, il était accompagné d'une forte chute de neige. En moins de deux heures, toutes les lignes aériennes situées sur son passage furent fauchées. Les routes, les voies ferrées, les canaux étaient jonchés de poteaux et de fils entremêlés. Ce fut un désastre sans précédent dans les annales téléphoniques et télégraphiques de l'Angleterre.

Les câbles télégraphiques reliant Londres avec le nord sauvèrent la situation au point de vue télégraphique, et le câble téléphonique Londres-Liverpool (avec les ramifications Birmingham-Sheffield, Birmingham-Leeds, et Liverpool-Manchester) permit aux ingénieurs de réparer les lignes qui mettent la capitale en communication avec les principales villes des Midlands

et du Nord; à cette époque il était de la plus haute importance que ces liaisons ne fussent pas longtemps interrompues.

Revenons maintenant à la question des conséquences entraînées par la réussite de ce premier câble; on comprend pourquoi, moins de deux ans après son achèvement, il ne restait pas un seul circuit disponible ; on envisagea alors la pose d'un deuxième câble. On avait placé le long de la route trois conduites qui suivant les prévisions, devaient suffire pour faire face aux extensions futures. Il était évident que ces conduites ne tarderaient pas à être garnies, à moins qu'une nouvelle invention ne vînt bouleverser la technique téléphonique. En outre, le besoin se faisait sentir de prolonger le câble au delà de Liverpool. Le plus gros câble téléphonique pratique avait un diamètre d'environ 75 mm, le poids total de ses conducteurs atteignait 6800 kg par mille (1609 m). Chaque portion de 160 mètres pesait environ 2068 kg net et environ 2140 kg avec le tambour. Pour une liaison directe entre deux centres tels que Londres et Liverpool, exigeant des lignes dont l'équivalent de transmission soit égal à 18 milles de câble standard (c'est-à-dire $\beta l = 1{,}926$) mesuré entre les deux meubles d'essais, un câble de ce genre comprend 25 groupes de 2 paires combinables chacun, ce qui donne un total de 75 circuits (combinants et combinés).

Pour une liaison avec postes de transit, il faudra, entre ces deux mêmes villes, des circuits dont l'équivalent de transmission soit égal à 12 milles de câble standard (c'est-à-dire $\beta l = 1{,}28$); partant de là, le câble pourra contenir 19 groupes de 2 paires combinables chacun, donnant un total de 57 circuits (combinants et combinés).

Pour obtenir un bon service entre deux villes telles que Londres et Glasgow (640 km) il sera nécessaire d'utiliser des conducteurs d'un plus fort diamètre et le câble, dans ce cas, n'offrira plus que 12 groupes de paires combinables, soit un maximum de 36 circuits (combinés inclus) ; mais nous ne sommes pas absolument certain qu'un tel câble soit de fabrication aisée.

Il devenait donc évident qu'il serait nécessaire d'augmenter considérablement l'importance des canalisations souterraines pour



faire face à l'extension que le service ne manquerait pas de prendre au fur et à mesure du développement du réseau souterrain.

Fort heureusement, on pouvait à cette époque envisager comme possible la solution d'un des problèmes fondamentaux de la téléphonie souterraine à longue distance ; nous voulons parler de la construction d'un relais téléphonique (repeater) vraiment efficace.

La conception d'un relais téléphonique remplissant les mêmes fonctions qu'un relais télégraphique est presque aussi vieille que le téléphone lui-même. Dès les premiers temps de l'application de la téléphonie, de nombreux savants avaient étudié ce problème, et les archives du Post Office anglais renferment d'innombrable modèles de relais que les chercheurs patients présentaient de temps à autre. Avant qu'on ait songé à utiliser la lampe à 3 électrodes, la plupart des relais proposés étaient du type microphonique ; ils consistaient en un microphone très sensible associé à l'anche vibrante ou au diaphragme d'un récepteur téléphonique. Si l'on pense que l'énergie provenant du circuit téléphonique est de l'ordre de quelques microwatts, il paraît presque impossible que les inventeurs aient trouvé des relais microphoniques, capables d'amplifier d'aussi faibles courants de fréquence téléphonique, et le seul fait que plusieurs appareils de ce genre ont été employés avec un succès satisfaisant sur des circuits exploités commercialement, est un témoignage suffisant de la patience et de l'ingéniosité des premiers chercheurs. A la lumière de nos connaissances actuelles, nous pouvons chercher pourquoi le succès des premières tentatives demeura incomplet ; la chose est d'autant plus facile que nous possédons aujourd'hui un amplificateur presque parfait.

Tout ce que nous savons à l'heure actuelle des lois qui régissent la transmission de la parole par conducteurs est dû en grande partie à des progrès scientifiques qui ne se rapportent pas particulièrement à la téléphonie et qui sont antérieurs au perfectionnement de l'amplificateur à lampes.

L'emploi des lampes a modifié complètement l'aspect du problème des relais téléphoniques. C'est en 1913 que le Post Office commença les expériences relatives à ces appareils ; il utilisa des

lampes « douces » (à vide peu poussé); bien que ces lampes fussent impropres à la construction d'un relais commercial, elles permirent aux ingénieurs de perfectionner les circuits à relais de remarquable façon, et firent ressortir davantage la nécessité de mesurer plus parfaitement les impédances caractéristiques des lignes téléphoniques sur toute l'échelle des fréquences téléphoniques.

Aujourd'hui la lampe « douce » a été remplacée par la lampe « dure » (à vide très poussé). Voir à ce sujet l'appendice II. Pour constituer un relais téléphonique idéal, la lampe à 3 électrodes doit remplir les conditions suivantes :

a) Elle doit être agencée de façon à pouvoir être fabriquée en série tout en conservant des caractéristiques électriques uniformes.

b) Ses constantes électriques doivent demeurer immuables pendant tout le temps qu'elle reste en service.

c) Il faut que les légères variations du courant de chauffage produites pendant la décharge par la chute normale du voltage de la pile de chauffage n'agissent pas de façon sensible sur le pouvoir amplificateur de la lampe.

d) Il faut que le pouvoir amplificateur de la lampe avec ses transformateurs d'entrée et de sortie, soit pratiquement constant pour toute la gamme des fréquences téléphoniques et pour toute l'échelle convenable des amplitudes du voltage reçu.

e) Les électrodes et leurs appuis doivent être suffisamment rigides pour que les vibrations produites par une cause extérieure quelconque ne gênent pas le bon fonctionnement de la lampe.

f) La dépense d'énergie nécessaire pour chauffer le filament doit être aussi réduite que possible.

g) La lampe doit avoir une longue durée utile.

La lampe associée aux transformateurs d'entrée et de sortie ne fonctionne comme amplificateur que dans un seul sens. Employée sur un circuit téléphonique bifilaire, elle doit être doublée pour permettre l'échange des conversations dans les deux sens. Dans ce cas le montage est analogue à celui d'un circuit télégraphique duplex à relais; on effectue un couplage différentiel sur le con-

ducteur du circuit relié au transformateur de sortie (voir fig. 2).
Les courants de conversation transmis dans un sens ou dans l'autre parcourent les enroulements P′ P du transformateur en série. Le

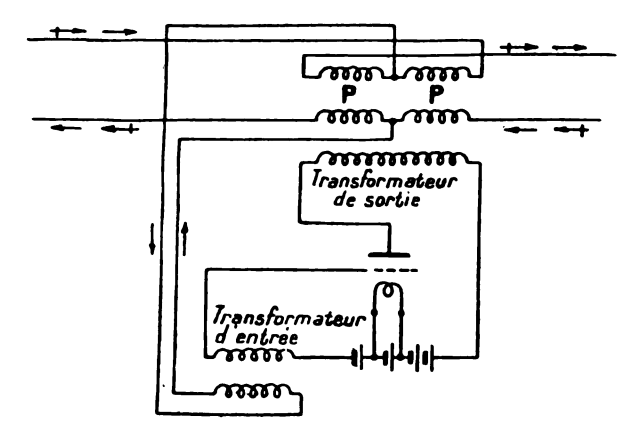


Fig. 2.

primaire du transformateur d'entrée étant relié au milieu des enroulements est en dérivation sur le circuit de ligne et une portion des courants de conversation le parcourt ; c'est cette portion que la lampe amplifie.

Les courants de départ amplifiés sont transmis dans l'une des deux branches en série du circuit ; si les deux branches sont égales électriquement, les potentiels au milieu des enroulements P″ P sont égaux et aucune portion du courant amplifié ne fait retour vers le circuit d'arrivée.

Prenons le circuit à relais de la figure 3 ; on voit que dans le cas d'un transformateur convenablement construit (avec un même nombre de spires dans tous les enroulements AB, AB_1, *ab*, ab_1), toutes les f. e. m. engendrées dans les enroulements (par un courant alternatif parcourant le secondaire) seront égales. — De même les impédances desdits enroulements. Si le circuit renferme deux impédances Z égales, on pourra le représenter sous forme d'une droite (fig. 4), X étant le zéro.

Pour plus de simplicité, on suppose que la f. e. m. de chaque enroulement est concentrée au centre. Les impédances ont été

représentées à l'échelle. Il est évident que la chute totale du voltage doit être égale à la f. e. m. totale dans le circuit. On a supposé qu'entre les points X et B il y avait une chute de voltage de 5 volts. Il y aurait une chute d'égale grandeur entre deux points

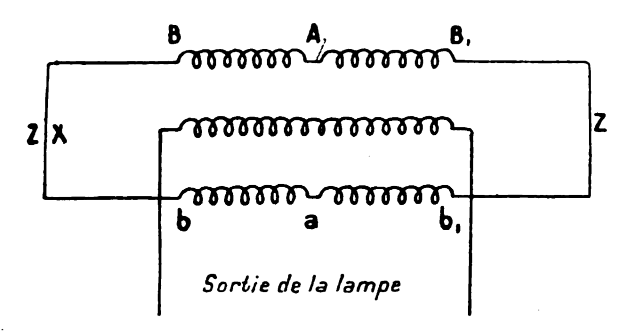


Fig. 3.

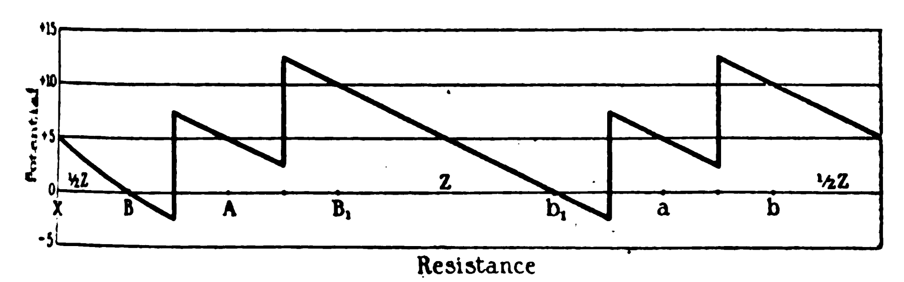


Fig. 4.

quelconques séparés par la même résistance. A l'échelle choisie, le total sera donc égal à 40, et, par suite, chaque enroulement devra produire une f. e. m. de 10 volts. Si l'on examine la couche de voltage, il est clair que, dans les conditions données, le potentiel de A et celui de *a* sont égaux. Il en sera de même toutes les fois que le circuit sera symétrique de part et d'autre de ces points, en ce qui concerne les f. e. m. et les impédances.

Une variante du montage des enroulements du transformateur est indiquée sur la figure 5. On remarquera que si l'on relie au relais de la figure 2 des lignes ayant chacune une impédance différente, les potentiels au milieu du transformateur cesseront d'être égaux.

Par suite, un courant de déséquilibre parcourera le circuit d'arrivée et s'il atteint une certaine valeur, l'amplificateur émettra des oscillations possédant une fréquence déterminée suivant les constantes électriques du circuit. Le bruit qui en résultera pourra être assez intense pour rendre toute communication impossible entre les deux postes extrêmes, et, en tout cas, pour réduire d'une

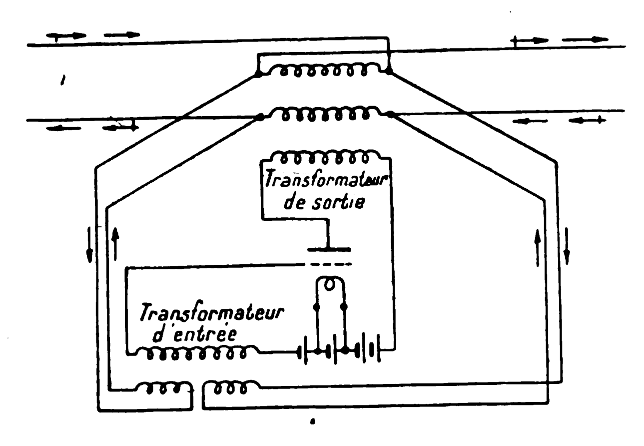


Fig. 5.

certaine quantité l'amélioration de la transmission réalisée par le relais.

Au temps des amplificateurs microphoniques, ce déséquilibre n'était pas une cause sérieuse de troubles, car ces amplificateurs étaient relativement peu sensibles; mais depuis qu'on utilise les lampes à trois électrodes comme amplificateurs, ces troubles sont devenus fort gênants. On peut dire en réalité qu'ils constituent une des grosses difficultés inhérentes aux relais modernes équilibrés.

Dans la pratique, le montage de la figure 2 est limité aux cas où l'on peut intercarler le relais au centre électrique d'une ligne homogène et stable. Ce n'est guère le cas que pour les câbles de construction parfaite; en Angleterre, vu les conditions particulières au climat, il est excessivement rare que les lignes aériennes possèdent ces deux qualités.

Dans des conditions idéales, on peut régler le relais différen-

tiel simple de façon à ce qu'il produise une amélioration de transmission correspondant à la suppression de 16 milles de câble standard sur un circuit ayant électriquement une longueur égale à 30 milles de câble standard.

D'une façon générale, le relai différentiel simple a été reconnu impropre au fonctionnement en tandem (« tandem working ») en raison des effets de réaction entre relais de deux postes voisins ; c'est pourquoi on ne s'en sert que sur les circuits qui ne sont pas susceptibles d'être branchés sur d'autres circuits à relais.

Cette restriction a conduit à perfectionner le relais différentiel double représenté schématiquement sur la figure 6. Avec ce système, le circuit est dédoublé au poste à relais ; chaque côté du

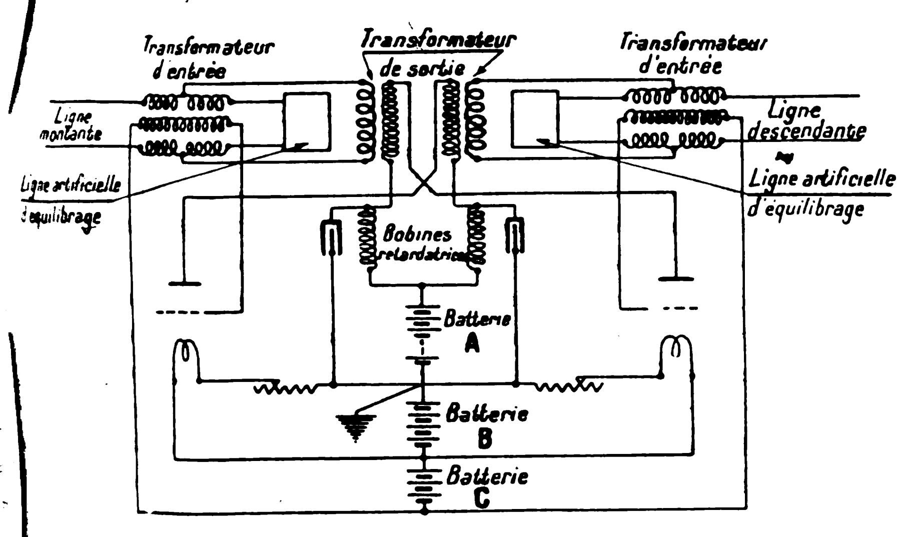


Fig. 6.

circuit est relié à un relais duplex et équilibré au moyen d'une ligne artificielle calculée de façon à reproduire le plus exactement possible les caractéristiques électriques de la ligne physique pour toute l'échelle des fréquences téléphoniques. En pratique, on n'obtient pas un équilibre parfait entre les lignes artificielles et physiques pour toutes ces fréquences, mais on parvient à le rendre suffisamment bon au moyen d'appareils simples, pour qu'on puisse faire fonctionner jusqu'à 4 stations en tandem, cha-

cune produisant une amélioration de la transmission comparable à la suppression sur la ligne de 16 milles de câbles standard. Dans la pratique, l'amélioration de la transmission sur des circuits comprenant des relais de ce genre, correspond en moyenne à la suppression de 12 milles de câble standard.

Le problème de la construction des circuits artificiels d'équilibrage a imposé une étude minutieuse des impédances caractéristiques des circuits.

On s'est vite aperçu que des variations brusques de la composition d'un circuit téléphonique (résultant par exemple de l'espacement irrégulier des bobines Pupin, de l'insertion de sections ayant une résistance, une capacité électro-statique, une résistance à l'isolement par mille de conducteur différentes) produisaient une modification des caractéristiques impédance/fréquence du circuit telles qu'il était matériellement impossible de réaliser un équilibre parfait entre les deux côtés du circuit à relais. Par suite, une des améliorations à introduire dans la construction des lignes, consiste à obtenir un circuit homogène possédant des caractéristiques impédance/fréquence absolument constantes. On y parvient en calculant le circuit de telle sorte que la résistance, la capacité, la perditance et l'inductance soient réparties uniformément sur toute sa longueur. Pour garantir une transmission satisfaisante, il faut en outre que le circuit soit sans distorsion. Un tel circuit : *a*, transmet en les affaiblissant uniformément toutes les ondes principales du courant de conversation ; *b*, maintient constantes les différences de phase entre les différentes fréquences ; *c*, possède une impédance constante pour toute la gamme importante des fréquences. Pour un câble de ce genre, le circuit artificiel d'équilibrage devra être une résistance simple dont on pourra calculer la valeur à l'avance.

Jusqu'ici, ces conditions (la 3[e] notamment) n'ont pas été réalisées pratiquement ; il est encore difficile aujourd'hui de déterminer exactement la caractéristique impédance/fréquence d'un circuit. C'est pourquoi il est indispensable pour calculer l'équilibre, de mesurer l'impédance de chaque ligne, si l'on veut que le relais produise une efficacité maxima.

On se procure l'impédance caractéristique d'un circuit au moyen de mesures faites avec un pont à courant alternatif à des fréquences comprises entre 350 et 2.000 ∽ par seconde. L'énergie est fournie par une lampe génératrice (voir schéma de la figure 7).

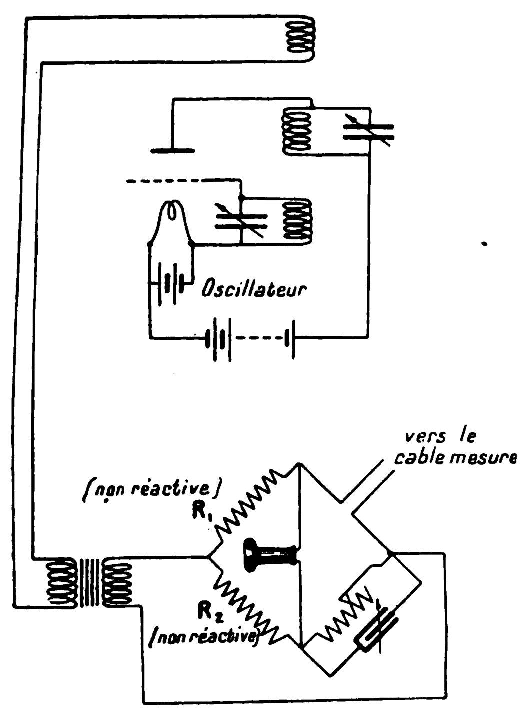


Fig. 7.

La fig. 8 représente le résultat de mesures faites sur un circuit bifilaire (de 32 kg au mille) pupinisé au moyen de bobines de 135 mH disposées tous les 4 km environ. On peut voir que les courbes moyennes de la résistance et de la réactance s'élèvent comme la fréquence. Ceci provient de ce que la bobine la plus voisine du poste où se faisaient les mesures en était trop rapprochée et de ce que la résistance effective de la charge augmentait sensiblement avec la fréquence. Les irrégularités des courbes ont des causes multiples telles que : espacement irrégulier des bobines et variations entre les inductances des diverses bobines

intercalées le long de tout le circuit. Le câble étudié n'avait pas été construit pour fonctionner avec relais ; on a pris soin sur les câbles plus récents, que l'inductance des bobines ne varie que dans des limites fort étroites et on les a espacées également. Il convient de dire ici que la « Western Electric C° » a introduit

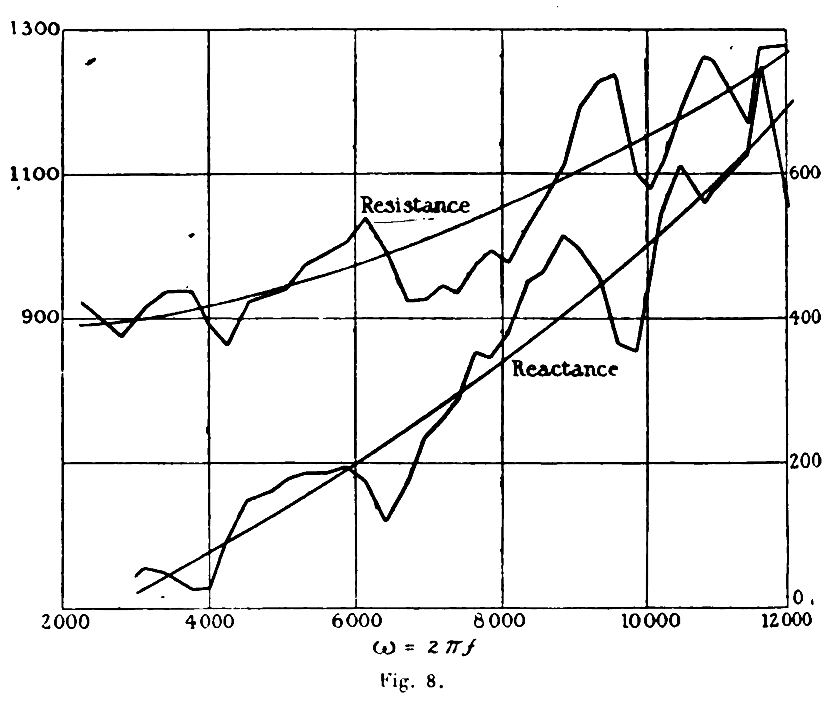


Fig. 8.

sur le marché un type perfectionné de bobines Pupin, dont l'inductance varie moins avec le temps et dont la résistance effective varie moins avec la fréquence.

On peut voir sur la figure 9 comment est équipé le câble dont nous avons représenté les courbes d'impédance. On a placé en dérivation sur la ligne un condensateur et une résistance en série ; leur présence modifie les courbes essentielles comme on le voit sur la figure 11 ; on peut les considérer pratiquement comme horizontales. Dans ce cas, le câble est électriquement court, c'est pourquoi on l'allonge au moyen d'un câble artificiel (voir fig. 10) ; le dispositif d'équilibrage est représenté sur la même figure.

Il est nécessaire d'allonger le câble en raison des variations dans l'impédance qui se produisent lorsqu'une ligne courte (c'est-à-dire celle dont la longueur électrique est inférieure à 15 milles de câble standard) est reliée à des lignes ou à des appareils qui accusent au poste récepteur une impédance différente. Ces variations rompent l'équilibre du relais. Toutefois, si la ligne est suffisamment longue, ces raccordements n'affectent pas l'équilibre suffisamment pour nuire au bon fonctionnement du relais.

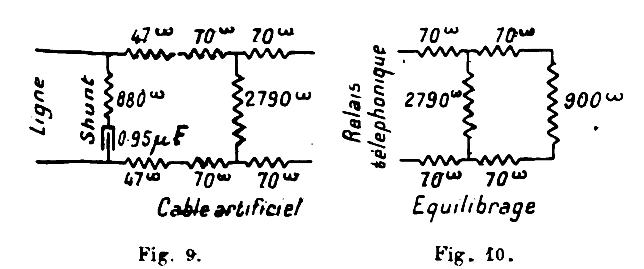


Fig. 9. Fig. 10.

Du fait que le plus souvent les relais sont appelés à fonctionner en tandem sur les longs circuits, il est nécessaire de les calculer de façon à réduire au minimum les effets de réflexion, faute de quoi il se produirait des variations dans les caractéris-

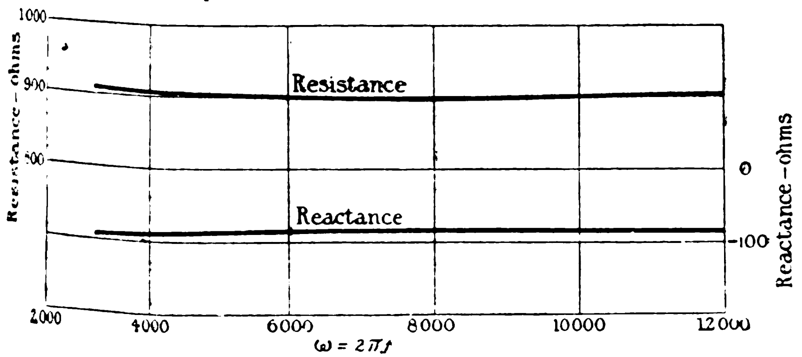


Fig. 11.

tiques impédance/fréquence de la ligne, mesurées à partir d'un poste extrême à relais ; la rupture d'équilibre qui en résulterait audit poste pourrait appauvrir l'amplification escomptée.

Les difficultés que présente l'exploitation de circuits munis de

relais différentiels en tandem ont conduit à rechercher d'autres systèmes permettant de communiquer dans les deux sens.

Nous étudierons deux de ces systèmes. Le premier est une adaptation du principe du relais télégraphique simple, équipé pour fonctionner dans les deux sens. La ligne est dédoublée au poste à relais et les deux branches sont amenées respectivement

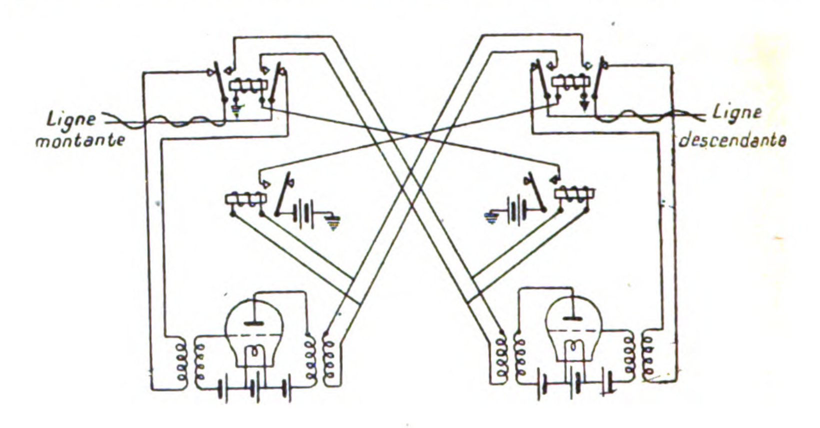


Fig. 12.

sur le circuit d'entrée d'un amplificateur à travers les ressorts et les contacts de repos d'un commutateur électromagnétique. Le circuit de sortie de chaque amplificateur est relié transversalement aux contacts de travail du commutateur électromagnétique opposé. Les commutateurs électro-magnétiques correspondent aux commutateurs automatiques des relais télégraphiques ; comme ceux-ci, ils sont commandés par les courants de départ amplifiés. La figure 12 indique schématiquement le principe de ce système, qui a été utilisé également en radio-téléphonie. Le second système repose sur l'idée initiale d'après laquelle on utilisait des circuits différents pour transmettre dans un sens ou dans l'autre. On l'appelle généralement « système à 4 fils » (four wire system) ; la figure 13 le représente schématiquement. Les courants de conversation ne cheminent que dans un seul sens ; ils sont retransmis par les amplificateurs à sens unique dans chaque branche du circuit. Les postes extrêmes

(ou les prolongements) sont reliés au circuit à 4 fils au moyen des tranformateurs différentiels T et T_1 et sont équilibrés à l'aide des lignes artificielles RC et RC_1. Si les équibres sont rigoureux et si les transformateurs sont parfaitement différentiels, la totalité du courant en provenance du dernier amplificateur de chaque côté se répartira entre le circuit extrême à deux conducteurs et le circuit d'équilibre correspondant, et aucun courant ne parviendra dans l'autre branche du circuit à 4 fils. Aussi pourra-t-on

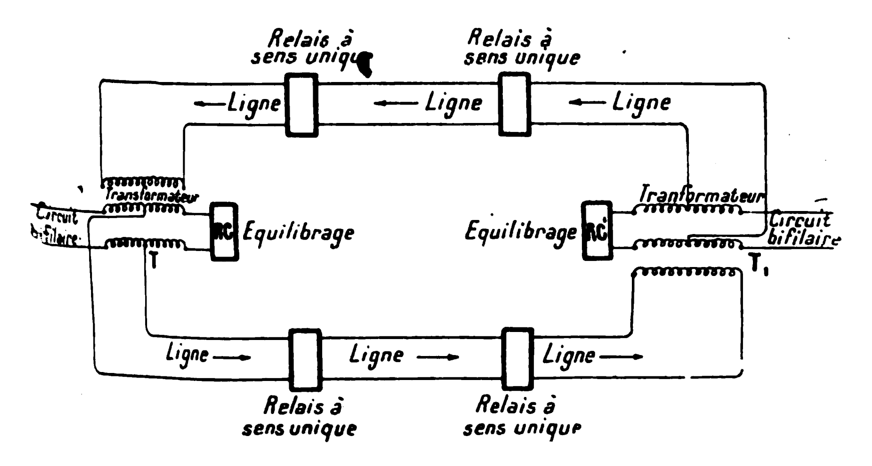


Fig. 13.

faire produire aux relais une amplification qui sera limitée seulement par les phénomènes d'interférence entre les deux branches du circuit à 4 fils (four wire circuit) et entre deux circuits voisins.

On peut équilibrer pratiquement les postes extrêmes de façon à ce que les relais améliorent la transmission d'une quantité qui correspond à la suppression d'un affaiblissement qui ne serait pas inférieur à celui de la ligne totale exploitée ; en d'autres termes, l'équivalent de transmission du circuit entre les deux postes extrêmes peut devenir égal à zéro. Il demeure entendu que les câbles doivent être distribués le long du circuit en sorte que l'énergie transmise à un poste quelconque n'excède pas la valeur permise d'après le coefficient d'interférence mutuelle du câble.

Sur les câbles modernes équilibrés on peut espacer les relais de 30 milles de câble standard sans s'écarter du coefficient de sécurité permettant un service commercial ; par suite, on peut utiliser de très petits conducteurs. En ce qui concerne les câbles à longue distance, si l'on se trouve au delà de la portée économique du circuit bifilaire à relais différentiels, le circuit à 4 fils offre de sérieux avantages : on s'en servira fréquemment.

La description que nous venons de donner du relais téléphonique est nécessairement superficielle ; malgré cela, nous pensons que ce qui en a été dit permettra de se faire une idée de l'importance du projet de développement du service téléphonique à longue distance en Angleterre.

Nous avons fait allusion au câble interurbain Londres-Liverpool et aux circonstances qui ont imposé sa construction. Les études qui ont été faites du trafic entre Londres et les régions de Manchester et de Leeds, ont prouvé qu'il était hautement désirable de prendre, en ce qui concerne ces dernières localités, de semblables mesures de prévoyance. Si la guerre n'était survenue, on aurait, dès 1914, commencé la construction d'un nouveau câble ayant la même capacité et la même efficacité que celui qui relie Londres à Liverpool. Autant que nous pouvons savoir, la revision du projet de 1918 prévoyait ce qui suit.

« Tous les circuits interurbains devaient donner entre postes extrêmes une efficacité de transmission de 12 milles de câble standard. On pouvait obtenir cette efficacité avec des câbles dont les conducteurs auraient par mille (1609 m.) un poids de 90kg800 et seraient pupinisés au moyen de bobines de 100 mH par mille ; le câble de diamètre maximum procurerait 42 circuits, combinés compris. Ces dispositions permettraient de faire face aux accroissements du trafic prévus pour deux ans seulement ; par suite, il conviendrait de commencer la pose d'un nouveau câble dès que le premier serait terminé. D'ici 8 ans, les extensions nécessiteront plusieurs câbles de ce genre ; il faudra dès le début réserver leur place dans les conduites. »

« Considérons maintenant l'installation à mi-chemin d'un relais améliorant la transmission de 14 milles de câble standard;

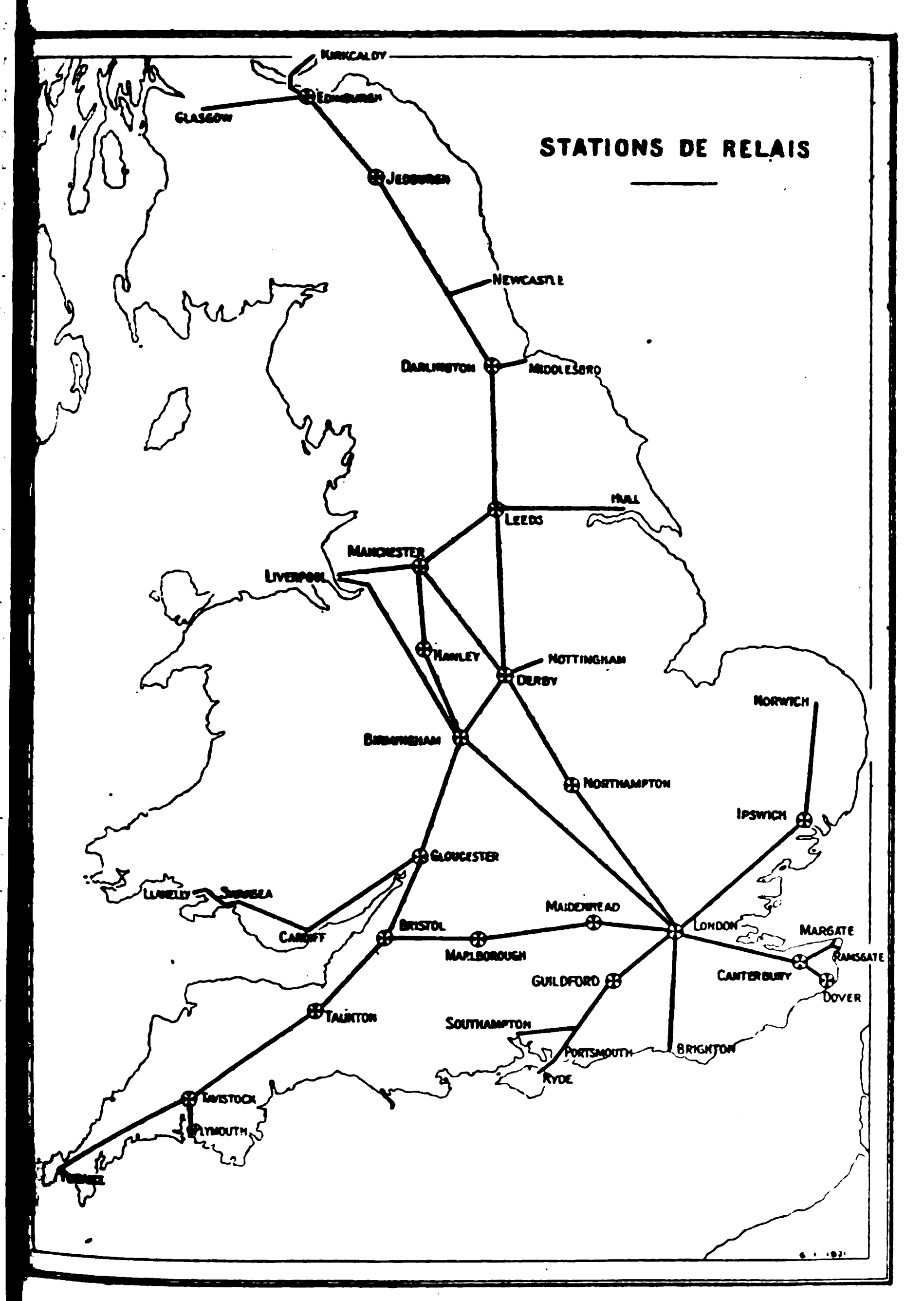

STATIONS DE RELAIS
KIRKCALDY
GLASGOW
NEWCASTLE
DARLINGTON
MIDDLESBRO
HULL
LEEDS
MANCHESTER
LIVERPOOL
HANLEY
NOTTINGHAM
DERBY
NORWICH
BIRMINGHAM
NORTHAMPTON
IPSWICH
GLOUCESTER
LLANELLY
SWANSEA
BRISTOL
MAIDENHEAD
LONDON
MARGATE
RAMSGATE
MARLBOROUGH
CANTERBURY
GUILDFORD
DOVER
TAUNTON
SOUTHAMPTON
PORTSMOUTH
BRIGHTON
RYDE
TAVISTOCK
PLYMOUTH

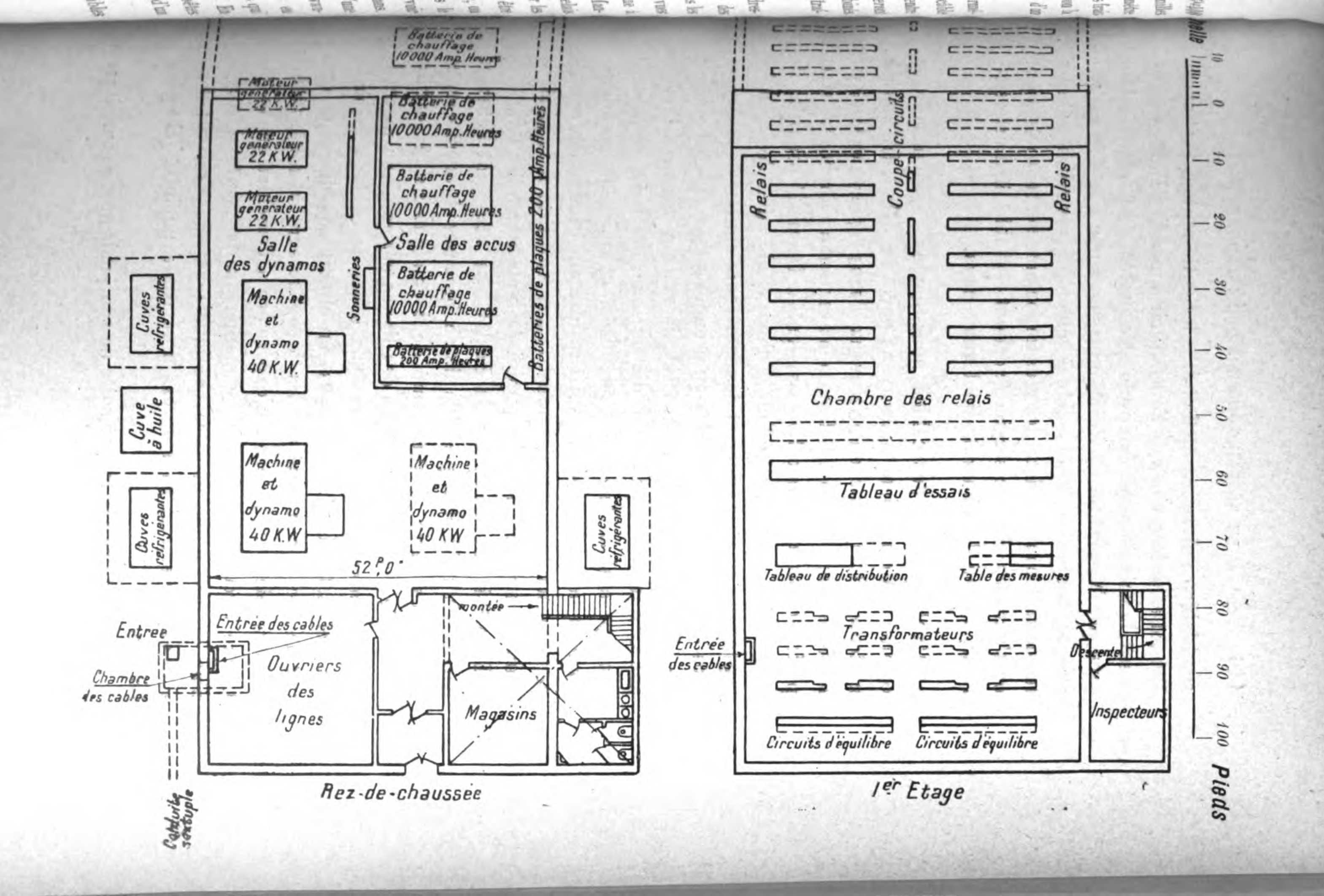
Fig. 14.

il faudra alors un câble dont les conducteurs pèseront 45kg400 au mille pour obtenir un équivalent de transmission de 12 milles de câble standard entre postes extrêmes. Un câble du diamètre le plus réduit procurera 90 circuits, combinés compris. Les frais annuels d'entretien (relais inclus) seront par circuit, environ la moitié des frais entraînés par le devis précédent, et la pose d'un deuxième câble pourrait être reculée de 3 ans environ.

« Considérons ensuite l'installation de deux relais intermédiaires, chacun améliorant la transmission de 14 milles de câble standard; on obtiendra, dans ce cas, l'efficacité voulue entre postes extrêmes avec un câble dont les conducteurs pèseront 18kg160 au mille et le câble procurera 240 circuits, combinés compris. Les frais annuels d'entretien seront 1,3 de ceux entraînés par le premier projet. »

On décida de construire sur ces données le câble Londres-Manchester. A l'heure où paraissent ces lignes, la pose des conduites est terminée et celle du câble très avancée. Dans les conduites, on a réservé de la place d'après les extensions prévues pour les vingt années prochaines. La canalisation bifurque à Derby ; une portion rejoint Leeds au nord ; l'autre rejoint Manchester au nord-ouest (voir fig. 14). Il y aura des postes à relais à Northampton et à Derby; de nouvelles constructions pour les loger seront nécessaires; mais comme elles ne sauraient être terminées et équipées en même temps que la pose du câble, on a prévu l'installation d'un poste à relais provisoire dans le bureau actuel de Leicester; il est calculé de façon à pouvoir servir le nombre de nouveaux circuits prévus d'ici deux ans. Provisoirement, les circuits seront exploités sur la base d'une efficacité moindre que celle prévue en définitive, mais ils vaudront bien la plupart des lignes aériennes actuellement en service et ils contribueront à décongestionner les circuits qui relient la capitale aux comtés de Lancaster et d'York. En outre, les risques d'interruption du service par les tempêtes seront réduites au minimum. La figure 15 représente le plan d'un poste à relais.

A l'heure actuelle, on a commencé la construction de câbles


Echelle
10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
Pieds
Batterie de chauffage 10000 Amp. Heures
Moteur générateur 22 K.W.
Moteur générateur 22 K.W.
Moteur générateur 22 K.W.
Batterie de chauffage 10000 Amp. Heures
Batterie de chauffage 10000 Amp. Heures
Batteries de plaques 200 Amp. Heures
Salle des dynamos
Salle des accus
Sonneries
Batterie de chauffage 10000 Amp. Heures
Batterie de plaques 200 Amp. Heures
Machine et dynamo 40 K.W.
Machine et dynamo 40 K.W.
Machine et dynamo 40 KW
Cuves réfrigérantes
Cuve à huile
Cuves réfrigérantes
Cuves réfrigérantes
52 P. 0"
montée
Entrée
Entrée des cables
Ouvriers des lignes
Chambre des cables
Magasins
Canalisation sextuple
Rez-de-chaussée
Relais
Coupe-circuits
Relais
Chambre des relais
Tableau d'essais
Tableau de distribution
Table des mesures
Transformateurs
Entrée des cables
Descente
Inspecteurs
Circuits d'équilibre
Circuits d'équilibre
1er Etage

semblables qui relieront Londres à Southampton, Portsmouth, Bristol et autres villes de l'ouest (voir appendice I). Progressivement, la voie du nord sera prolongée au delà de Leeds, vers Glasgow par Newcastle et Edimbourg, en sorte que d'ici quelques années, toutes les grandes lignes téléphoniques reliant entre eux les centres commerciaux les plus importants seront souterraines; on s'assurera ainsi un service excellent et stable, égal sinon supérieur, à celui de n'importe quel autre pays.

Développement des câbles sous-marins. — Le mémoire du colonel O'Meara, dont nous avons parlé au début, fait ressortir nettement l'importance des travaux d'avant-guerre exécutés par les ingénieurs du Post Office, relativement à l'application et au perfectionnement des câbles sous-gutta. Depuis l'époque de cette publication, le sujet a été l'objet d'une étude suivie de la part des ingénieurs du Post Office et des fabricants anglais de câbles, qui tous se sont toujours classés au premier rang en ce qui concerne les câbles sous-marins. En 1911, la maison Siemens Brothers and C° a inventé un nouveau diélectrique, destiné à remplacer la gutta-percha sur les câbles pupinisés, et qui réduit considérablement la perditance. Il en est résulté une diminution sensible de la constante d'affaiblissement et une élévation de la portée de transmission sur les câbles pupinisés (voir appendice III).

En 1914, les ingénieurs du Post Office attirèrent l'attention sur le fait qu'il était possible de se procurer 4 circuits sur un câble sous-marin chargé formé de 4 conducteurs, à condition d'isoler les circuits en câbles des lignes aériennes au moyen de transformateurs installés aux deux bouts du câble; à savoir les deux circuits bifilaires normaux, un circuit combiné et un quatrième circuit constitué par les 4 conducteurs du câble utilisés en parallèle avec la terre. L'expérience a démontré que ce quatrième circuit fonctionnait de manière satisfaisante si le câble était chargé d'une manière continue (système Krarup); il n'a rien valu jusqu'ici dans le cas d'un câble pupinisé (chargé de bobines).

Dans certains cas où par suite de son poids on ne pourrait pas

poser de manière satisfaisante un câble à 4 conducteurs chargés, il conviendra de poser des câbles à conducteur unique chargé; le Post Office a étudié les constantes électriques que peut posséder un tel câble (voir appendice IV). On a reconnu que la résistance effective du conducteur d'un tel câble sera sensiblement supérieure à celle de la résistance d'un circuit bifilaire du même diamètre : de plus, l'expérience a prouvé que si on la mesure à une fréquence de 800 ∿ par seconde, la résistance est, d'environ 2,5 ohms, supérieure à celle de la résistance du même fil simple mesurée en courant continu. On a constaté que l'accroissement de la résistance était le même pour des conducteurs pesant chacun 227 kg. par mille marin (1852 m) que pour ceux pesant 45 kg. 400 par mille marin. Dans les deux cas, cet accroissement est imputable aux effets de l'enveloppe du câble et de l'eau de mer qui forme circuit de retour; ces effets sont semblables dans les deux cas.

Le type courant de câble sous-marin est composé de 4 fils; mais lorqu'il s'agit de faire traverser aux circuits une rivière ou un estuaire, ce type ne convient plus. C'est pourquoi le Post Office a fait fabriquer un câble Krarup à grande capacité : il est en voie d'achèvement. Il contiendra 7 groupes de deux paires combinables; on espère pouvoir se procurer 7 circuits combinés en dehors des 14 circuits combinants. Les conducteurs pèsent 32 kg au mille marin (1852m) et le diélectrique 51 kg par mille marin et par fil. La constante d'affaiblissement par mille est de 0,05 ; elle est pratiquement la même que celle d'un câble téléphonique sous-marin non chargé dont les conducteurs pèsent 72 kg 600 par mille marin, leur isolant (gutta-percha) pesant 136 kg par mille marin. Avant qu'on ait commencé à utiliser des câbles chargés, ce câble était le type stantardisé pour les communications à longue distance ; il ne comprenait que 4 fils. Ceci nous permet de nous rendre compte, d'un coup d'œil, de l'importance des progrès réalisés.

L'emploi des relais téléphoniques a très souvent permis de recourir à des câbles sous-marins d'une efficacité moindre que celle des câbles pupinisés autrefois nécessaires. De là, la possi-

bilité de recourir plus fréquemment aux câbles chargés d'une manière continue (Krarup) qui suppriment complètement les difficultés relatives à l'entretien des bobines de pupinisation.

La tendance actuelle consiste, pour la raison ci-dessus, à répandre toujours davantage l'emploi des câbles à charge continue.

Téléphonie à haute fréquence. — Notre exposé serait incomplet si nous ne disions rien de la téléphonie à haute fréquence appelée parfois « téléphonie sans fil par conducteurs » (« wired wireless telephony »). Durant les deux ou trois dernières années, ce procédé a été étudié par la presse technique européenne et américaine ; on est absolument certain aujourd'hui que les perfectionnements de ce système sont appelés à jouer à l'avenir un rôle essentiel dans l'échange des communications à longue distance.

Le principe sur lequel repose le procédé est connu depuis une dizaine d'années, mais son application aux problèmes pratiques de l'exploitation commerciale a été retardée du fait de la guerre. Ces problèmes sont loin d'être simples ; ils nécessitent une étude du fonctionnement des lignes aériennes et des câbles souterrains à des fréquences d'un ordre inconnu pratiquement jusqu'ici (voir appendice V).

Les caractéristiques des lignes aux basses fréquences téléphoniques ordinaires sont parfaitement connues ; on a construit des appareils qui permettent de les mesurer avec précision. Mais lorsqu'il s'agit de faire des mesures aux fréquences relativement élevées sur lesquelles on travaille dans le cas de la radiotéléphonie par conducteurs, les appareils dont nous parlons cessent de convenir ou ne peuvent être employés qu'après avoir subi de sérieuses modifications. Les ondes téléphoniques à haute fréquence sont situées dans la région comprise entre les fréquences audibles limites et les fréquences radiotéléphoniques. Avec des fréquences de cet ordre, des facteurs, dont le rôle pouvait être négligé aux fréquences ordinaires, prennent une importance considérable.

Nous nous bornerons à dire que la particularité la plus inté-

ressante et en même temps la plus utile du fonctionnement à haute fréquence est qu'il s'adapte parfaitement à la téléphonie multiplex, c'est-à-dire à la transmission simultanée de plusieurs messages sur un même circuit.

Le système est déjà appliqué commercialement aux États-Unis et en Allemagne sur les circuits téléphoniques à longue distance, mais les conditions dans lesquelles cette exploitation est possible commercialement n'existent pas réellement en Angleterre. En outre, d'après ce que nous venons de dire, on se rend compte que l'utilisation du nouveau système en Grande-Bretagne ne saurait avoir de valeur économique que si on l'appliquait aux câbles souterrains. Il existe toutefois un certain nombre de cas dans lesquels on pourrait l'appliquer avec profit aux lignes aériennes. Cette question est actuellement à l'étude ; les lignes aériennes qu'on se proposera d'exploiter en haute fréquence seront équipées sur une base commerciale et reliées au réseau interurbain au cours de l'année prochaine.

APPENDICE I

CARACTÉRISTIQUES DES CÂBLES SOUTERRAINS PUPINISÉS ANGLAIS.

Câble	Longueur en miles (1609m)	Nombre de paires	Poids par mile de conduct. simple	Constantes du câble par mile de boucle en courant continu: Résistce R par mille	Constantes du câble par mile de boucle en courant continu: Capacité mutuelle C par mille	Constantes du cable pupinisé (courant alternatif) par mille de boucle quand w = 5.000: L	β	Z_0	Inductance des bobines	Espacement moyen des bobines (en miles)
	milles		livres	ohms	μ F	henries			henries	milles
Leeds-Hull.......	58,6	48	70	28,7	0,065	0,052	0,0166	897 \ 3° 4'	0,133	2,55
		6	100 *	—	—	—	—	—	—	
London-Birmingham...........	109,5	24	100	18,95	0,0575	0,0535	0,01092	905 / 5° 41'	0,133	2,5
		24	100 **	18,38	0,0568	0,053	0,01074	891 / 5° 36'	0,133	
		12	150	13,13	0,0697	0,0537	0,00884	864 / 8° 10'	0,133	
		14	200	9,62	0,0654	0,0536	0,00664	860 / 8° 7'	0,133	
		2	300	6,55	0,0567	0,0547	0,00408	959 / 13° 7'	0,133	
		6	150 fantome	6,56	0,1056	0,0345	0,00756	563 / 6° 48'	0,0825	
		6	100 —	9,5	0,0905	0,0357	0,00926	610 / 8° 55'	0,0825	
Birmingham-Liverpool........ (a)	89,9	24	100	17,9	0,0579	0,053	0,01057	1062 \ 1° 4	0,133	2,5
		24	100 **	17,32	0,0575	0,053	0,01014	1069 \ 2° 57'	0,133	
		12	150	12,44	0,0685	0,0537	0,00846	1031 \ 1° 4'	0,133	
		14	200	9,19	0,0572	0,0536	0,00618	1088 \ 5° 15'	0,133	
		2	300	6,28	0,0545	0,055	0,00413	1074 / 2° 26'	0,133	
		6	150 fant.	6,22	0,10075	0,0345	0,00682	565 / 1° 18'	0,0825	
		6	100 —	8,95	0,0864	0,0357	0,00837	615 \ 2° 11'	0,0825	
				Constantes en courant continu des câbles non pupinisés: R	C					
Londres-Manchester......... (a)	186,5	160	40	44	0,065	0,109	0,0208	1298 \ 2° 35'	0,175	1,6
			40 fant.	22	0,090	0,066	0,1625	857 \ 2° 11'	0,106	
Londres-Bristol (a)	122	308	20	88	0,065	0,155	0,0330	1550 \ 3° 31'	0,175	1,125
			20 fant.	44	0,090	0,094	0,0255	1023 \ 2° 58'	0,106	
Londres-Southampton et Portsmouth...... (a)	85	254	20	88	0,065	0,222	0,0292	1855 \ 2° 33'	0,250	1,125
			20 fant.	44	0,090	0,138	0,0235	1240 \ 2° 8'	0,155	

(a) en Construction. — * Conducteurs utilisés en télégraphie. — ** Non combinés.

APPENDICE II

RENSEIGNEMENTS SUR LA LAMPE UTILISÉE PAR LE POST OFFICE POUR LES RELAIS TÉLÉPHONIQUES.

La lampe dont se sert actuellement le Post Office est à vide très poussé; ses électrodes sont concentriques ; le filament est en tungstène sans thorium.

Les connexions de la lampe aboutissent à quatre chevilles métalliques solides (prises dans le culot) qui s'appuient sur quatre ressorts correspondants aménagés dans la douille.

Le filament est calculé pour émettre au moins 10 milliampères lorsqu'on applique un potentiel de 150 volts entre le filament et la plaque; celle-ci et la plaque étant reliées entre elles.

La température de régime du filament est telle que la lampe puisse fonctionner pendant 2.000 heures environ.

Le courant de chauffage ne doit pas dépasser 1 ampère, et la chute maxima du voltage à travers le filament est de l'ordre de 4,7 volts. Le voltage d'amorçage normal entre la grille et le pôle négatif du filament est égal à — 4,5 volts. Dans ces conditions et avec un voltage de plaque de 150 volts, les caractéristiques de la lampe sont les suivantes :

impédance intrinsèque : 20.000 ohms ± 20 %
impédance mutuelle : 2.750 ohms ± 20 %

Le coefficient d'amplification donné par le rapport des deux impédances ci-dessus n'est pas inférieur à 6,75.

Afin d'obtenir une courbe de la caractéristique $\frac{\text{courant de plaque}}{\text{voltage de grille}}$ sensiblement rectiligne, il faut que la variation de l'impédance mutuelle d'une lampe quelconque ne s'écarte pas de la valeur à — 4,5 (voltage de grille) entre des voltages de grille de zéro — 8, d'une quantité supérieure à ± 20 %.

APPENDICE III

CABLES TÉLÉPHONIQUES SOUS-MARINS POSÉS DEPUIS 1910.

Particularités du cable	Longueur en milles marins	Poids par mille marin (1852m) Condr	Diélect.	Résistance par mille marin de conducteur non pupinisé (à 60° F)	Circuit	Fréquence aux essais	Résistance due à la pupinisation	Inductance par mille marin	Capacité C par mille m.	Perdit G + Capac. C	Constante d'affaibl. β par mille	Impédance caractéristique (Z_0)
		lignes	lignes	ohms		∞ p sec	ohms	henrys	μ F			ohms
Anglo-belge												
Ste Margarets-La Panne........ III, 1911; pupinisé	47,9	160	150	14,3	physique	800	11,5	0,100	0,157	12	0,0178	800 \1° 24'
					fantôme	800	4,6	0,050	0,314	12	0,0181	400 \1° 10'
Anglo-irlandais												
Nevin-Howth.... I, 1913; pupinisé.	63,3	160	150	14,3	phys.	800	6,8	0,100	0,166	15	0,0150	600 /2° 40'
					fant.	800	3,2	0,050	0,320	15	0,0150	446 \0° 52'
Anglo-français												
Abbotscliff-Grinsez IV, 1912; Charge continue.	21,0	300	300	7,6	phys.	1000	—	0,0135	0,176	109	0,0185	278 \2° 59'
					fant.	1000	—	—	—	—	0,0185	—
Douvres-Sangatte I, 1917; pupinisé	20,8											
Douvres-Dunkerque I, 1917; pupinisé.	41,6	310	200	7,4	phys.	800	5,2	0,080	0,189	20	0,0112	709 \1° 50'
					fant.	800	2,5	0,040	0,378	20	0,0114	338 \1° 40'
Dungeness-Andrecelles.......... III, 1918; pupinisé	26,0											
Douvres-Sangatte II, 1918; pupinisé.	21,0	160	150	14,3	phys.	800	6,2	0,100	0,166	20	0,0145	776 \1° 3'
					fant.	800	3,0	0,050	0,320	20	0,0140	395 \1° 1'
Dungeness-Andrecelles.......... II, 1918; pupinisé	27,6											
Câbles téléphoniques sous-marins en construction ; leurs constantes prévues												
Anglo-irlandais TemplePatrick-Port Mora charge cont.	22,0	169	195	13,5	phys.	800	2,0	0,0245	0,195	20	0,025	356 \3° 43'
					fant.	800	—	—	—	—	0,025	—
Câble sous-marin. 28 groupes	10,0	70	110	32,7	phys.	800	1,2	0,020	—	—	0,050	—

APPENDICE IV

MESURES EN COURANT ALTERNATIF SUR CABLES SOUS-MARINS A CONDUCTEUR UNIQUE.

Mesures faites sur le câble de Lundy Island.

Poids du conducteur par mille marin : 107 livres.
Poids du diélectrique par mille marin : 150 livres.
Longueur du câble : 16 milles 400 (diélectrique : gutta-percha).
Armature : 10 fils du calibre 2.
Date des mesures : octobre 1912.

Mesures en courant alternatif.
Résultats aux différentes fréquences.

Courant de mesure : 1 milliampère.

$2\pi f$	Impédance caractéristique		Constantes d'affaibl par mille marin		Constantes de ligne par mille marin				$\frac{G}{C}$
	Vecteur	Ohms	Partie réelle	Partie imaginaire	R	L	G	C	
			β	α	ohms	mH	microm.	µF	
2.000	138	$\angle 36°\ 24'$	0,0525	0,0715	12.60	1,84	—	0,315	—
3.000	120	$\angle 33°\ 17'$	0,0645	0,0935	12.70	1,72	21	0,315	67
4.000	108	$\angle 31°\ 2'$	0,074	0,1130	13.08	1,62	40	0,315	126
5.000	99	$\angle 28°\ 53'$	0,079	0,1340	13.36	1,58	43	0,316	137
6.000	94	$\angle 27°\ 16'$	0,085	0,1510	13.60	1,50	62	0,306	200
7.000	90	$\angle 25°\ 16'$	0,090	0,1670	13.90	1,44	81	0,316	256

Mesures en courant continu.

Résistance par mille marin : 11 ohms.
Capacité : 0,327 µF.
Résistance d'isolement par mille marin : 2.570 mégohms.
Inductance : n'a pu être mesurée en raison des courants de Foucault.
Électrisation : continue.

On se servit d'une machine de Franke pour faire les mesures. On mesura l'impédance du câble en circuit ouvert et en circuit fermé ; d'après les résultats obtenus, on calcula les constantes du câble. On effectua les mêmes mesures avec des courants variant entre 1 et 6 milliamèpres à une fréquence telle qu'on eût $2\pi f = 5000$. Les variations des constantes du câble étaient négligeables.

Mesures sur le câble télégraphique unifilaire Saint-Margarets-Dunkerque.

Poids du conducteur par mille marin : 500 livres.
Poids de l'isolant (gutta-percha) : 300 livres par mille.
Longueur du câble : 39,155 milles marin.
Armature : 10 fils du calibre 2.
Date des mesures : mai 1919.

Résultats aux différentes fréquences.

Intensité du courant de mesure : 1 milliampère environ.

$2\pi f$	Impédance caractéristique Vector ohms		Constantes d'affaibl[t] Partie réelle	Constantes d'affaibl[t] Partie imaginaire	R	L	G	C	$\frac{G}{C}$
					par mille marin				
			β	α	ohms	mH	micro ℧	µF	
4.000	69,7	\20° 17′	0,0410	0,1009	5,25	1,40	50	0,391	128
5.000	65,9	\19° 37′	0,0461	0,1188	5,49	1,27	62	0,387	160
6.000	63,3	\18° 29′	0,0512	0,1400	5,88	1,23	73	0,392	186
7.000	61,5	\17° 30′	0.0570	0,1606	6,31	1,20	76	0,396	192
8.500	59,8	\16° 45′	0,0647	0,1924	6,99	1,17	121	0,399	303
10.000	58,6	\16° 15′	0,0706	0,2234	7,63	1,14	188	0,400	470

Une série de mesures faites avec un courant de 5 milliampères ne modifièrent pas sensiblement les résultats.

Mesures en courant continu ; par mille marin.

Résistance : 2,75 ohms.
Capacité électrostatique : 0,4 µF.
Inductance : non mesurée.

On s'est basé sur les mesures de l'impédance (faites au moyen d'un pont de wheatstone à courant alternatif et d'un oscillateur comme générateur) pour calculer les constantes du câble.

APPENDICE V

MESURES D'UN CABLE TÉLÉPHONIQUE SOUTERRAIN.

Conducteurs du type ASPC, pesant 28 livres au mille.

Longueur 4,455 milles ; isolement en courant continu : 120 mégohms par mille.

Fréquence f	2πf	Impédance caractéristique		Constante de propagation		Constante d'affaibl.	Constante de longueur d'onde	Constantes par mille de boucle R	L	C	G
								ohms	H	μF	micro-ohms
587	3.690	670,8	/43° 34′	0,1030	/46° 24′	0,0900	0,0943	87	0,00114	0,053	0,3
688	4.320	620,0	43° 21′	0,1414	46° 36′	0,0970	0,1025	87	—	—	0,3
796	5.000	577,0	/43° 6′	0,1522	46° 50′	0,1042	0,1110	87	—	—	3,0
1.150	7.220	481,5	/42° 18′	0,1830	/47° 41′	0,1232	0,1352	87	—	—	0,2
1.608	10.100	407,5	/41° 14′	0,2163	/48° 43′	0,1428	0,1625	87	0,00113	—	0,7
2.125	13.350	354,5	/40° 7′	0,2505	/49° 58′	0,1611	0,1917	87	—	—	0
2.911	18.290	306,0	/38° 26′	0,2945	/51° 26′	0,1828	0,2310	88	—	—	0
3.685	23.150	275,0	/36° 39′	0,3332	/53° 12′	0,1997	0,2670	88	—	—	3,0
15.400	96.500	159,2	/21° 30′	0,850	/70° 4′	0,292	0,804	90	0,00106	0,055	douteux
17.200	107 900	154,8	19° 25′	0,941	/71° 32′	0,299	0,894	90	—	0,056	—
19.730	123.800	151,0	/17° 58′	1.059	/73° 20′	0,304	1.014	91	—	—	—
21.880	137.200	150,0	/16° 40′	1,148	/74° 29′	0,307	1,106	92	—	—	—
23.059	144.500	148,9	/16° 28′	1,186	/75° 12′	0,309	1.156	92	0,00105	—	—
24.480	153.500	148,0	/16° 12′	1,276	/75° 42′	0,315	1,235	94	—	—	—
26.320	165.100	144,6	/15° 51′	1.353	76° 23′	0,321	1,323	96	0,00104	0,057	—
28 550	179.000	142,0	15° 22′	1,465	/77° 8′	0,327	1,430	96	0.00103	0,058	—

EXTRAITS DE LA DISCUSSION DU MÉMOIRE PRÉSENTÉ PAR SIR WILLIAM NOBLE.

Mr. F. Gill. — La fig. 17 indique, pour diverses catégories de circuits, le rapport entre le poids des conducteurs exprimé en tonnes (1 tonne : 1.016 kg, 047) et les distances parcourues, l'équivalent de transmission étant égal à 10 milles de câble standard. La courbe I correspond à un circuit aérien non pupinisé en cuivre ; la courbe II à un circuit aérien pupinisé ; les deux courbes sont tracées jusqu'au point où le fil atteint le poids de 363 kg, 208 par mille (1609 m). La courbe III correspond à un circuit en cuivre non pupinisé muni de relais. Voici pour les lignes aériennes.

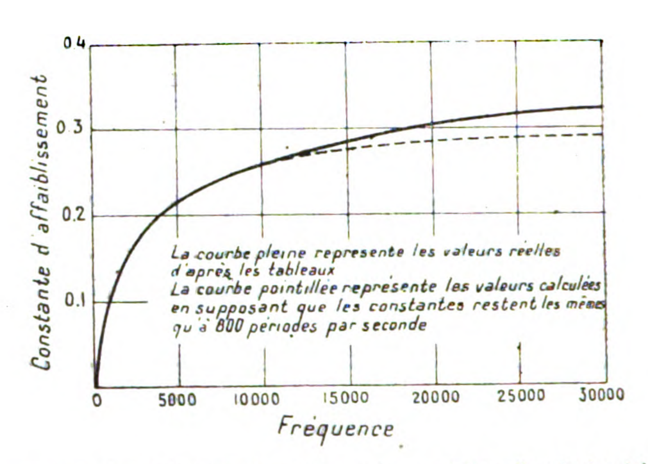


Fig. 16. — La courbe pleine représente les valeurs réelles d'après les tableaux. — La courbe pointillée représente les valeurs calculées en supposant que les constantes restent les mêmes qu'à 800 ∽ par seconde.

Fig. 17.

Passons aux câbles. La courbe IV correspond à un câble fortement pupinisé ; elle s'arrête au point où le câble atteint le poids de 136^{kg}, 200 par mille. La courbe V correspond à un câble fortement pupinisé muni d'un relais (jusqu'au poids de 75^{kg}, 360 par mille); les courbes VI et VII correspondent à ce même dernier câble équipé avec 2 et 3 relais en tandem. Les conducteurs en cuivre, qui ont une longueur totale de 1.300 km environ pèsent 128 tonnes. La courbe VIII correspond à un circuit à 4 conducteurs avec relais ; dans ce cas, le poids du cuivre tombe sur toute la longueur à 36^{kg}, 320 par mille. On aperçoit immédiatement les deux conséquences : le poids du cuivre nécessaire est considérablement réduit et la portée de transmission notablement augmentée. Évidemment, le poids total du cuivre utilisé n'est pas le seul critérium. Il faut encore tenir compte des frais de construction, car à une augmentation du poids des conducteurs correspond un supplément de dépenses pour les poteaux ou les conduites souterraines, et, d'autre part, une diminution du poids de cuivre entraîne des frais supplémentaires pour installation de bobines Pupin et de relais. Mais la dépense en cuivre n'en est pas moins très importante, puisqu'il s'agit aujourd'hui de plusieurs centaines de circuits et non plus d'un ou deux circuits seulement. Si l'auteur avait à poser 500 circuits aériens (pesant 363^{kg}, 200 par mille), je suppose qu'il lui faudrait au moins dix lignes sur appuis. Je ne crois pas qu'il trouve la place pour les planter à la campagne. Si maintenant, il essayait de loger les 500 circuits dans de forts câbles en cuivre, il lui faudrait environ 10 conduites, tandis que s'il s'en procure une partie au moyen de circuits à 4 conducteurs munis de relais, il n'aura plus besoin que de 3 conduits ou d'une seule ligne sur appuis. Je voudrais vous dire deux mots de ce qu'on a pu obtenir sur les circuits exploités à haute fréquence. A l'heure actuelle, il y a en service aux États-Unis des communications téléphoniques à haute fréquence équipées sur 5.650 km de circuits physiques; ces communications procurent 30.571 km de nouveaux circuits. Nous vous montrons sur l'écran une vue extraite du mémoire présenté le 17 février 1921 à l' « American Institute of Electrical Engineers » sous le titre : « Téléphonie et télégraphie à haute fréquence », par MMrs. Colpitts et Blackwell. Elle représente un circuit de 1.200 km. exploité à haute fréquence entre Harrisburg et Chigago. On voit qu'il y a sur la ligne 4 stations intermédiaires à relais et que le courant véhicule (carrier current) est seul répété par la première station. A la seconde, le courant modulé et le courant de conversation sont répétés tous deux. A la troisième station, le courant véhicule est répété à nouveau, le circuit de conversation est interrompu tandis que le courant modulé continue à passer. A la station

suivante, la même chose se produit. Les parties hachurées représentent des câbles, en sorte que le courant véhicule traverse des portions en câble, les unes pupinisées, les autres non. Dans ce système, le courant véhicule lui-même est supprimé ; il n'arrive pas sur la ligne. Sur une longueur d'environ 320 km, les appuis supportent en outre un deuxième circuit téléphonique à haute fréquence et un circuit télégraphique, exploité à haute fréquence également. Dans leur résumé, MMrs Colpitts et Blackwell certifient que ce système fonctionne avec succès sur une base commerciale. Il satisfait à toutes les conditions exigées d'un excellent service à longue distance ; il a été reconnu très simple et il est entretenu par le personnel ordinaire.

(*Communiqué par correspondance*). — Nous indiquons ci-après lse diverses étapes des progrès réalisés aux États-Unis dans le domaine de la téléphonie à grande distance.

Circuits aériens. — La pupinisation a été appliquée commercialement pour la première fois sur une ligne aérienne New-York-Pittsburg (1878 km) au mois de juillet 1900 ; les bobines espacées de 4 km avaient une inductance de 0,225 H. En mars 1904, on achevait la construction du premier circuit fantôme commercial sur une ligne aérienne non pupinisée reliant entre elles les villes de Boston et de Darlington. Les circuits combinés étaient des conducteurs en cuivre longs de 60km et pesant 78 ^{kg},540 par mille (1609^{m}). La première application de la pupinisation aux circuits combinés eut lieu sur une ligne aérienne de 443 km, entre Philadelphie et Pittsburg. Les conducteurs de ce circuit pesaient 78 ^{kg}, 540 par mille ; l'équipement fut terminé au mois d'août 1910. Or se servit pour la première fois des relais à lampes au début de 1914 sur une ligne aérienne New-York-Chicago (1370 km), dont les conducteurs avaient un poids de 197 ^{kg}, 500 par mille. Cette ligne était chargée au moyen de bobines de 0,25 H, distantes l'une de l'autre de 13 ^{km}, 500 ; des relais avaient été installés à Pittsburg. Le 29 juillet 1914, Mr Vail pouvait communiquer entre New-York et San Francisco (5470 km) sur une ligne pupinisée dont un mille pesait 197 ^{kg}, 500. C'était la première ligne équipée avec des relais à lampes en tandem ; elle a été ouverte au service en janvier 1915.

Câbles. — Dès 1895, le problème des circuits combinés dans les câbles était à l'étude, mais c'est seulement en janvier 1905 qu'on trouva un câble duplex satisfaisant : il était construit d'après le principe dit « spiralled four » (4 conducteurs enroulés en hélice). Toutefois à cette époque, on pensait qu'il valait mieux utiliser des câbles chargés que du câble duplex et qu'il n'était pas possible de pupiniser les circuits combinés des câbles. C'est en mai 1900 que le premier

câble souterrain pupinisé fut mis en service entre Jamaica Plain et West Newton; c'est en août 1902 qu'on mit en service le premier câble important pupinisé, qui comprenait 50 circuits bifilaires munis de bobines Pupin et qui reliait entre elles les villes de New-York et de Newark (New Jersey) distantes de 18 km environ. Depuis lors, on

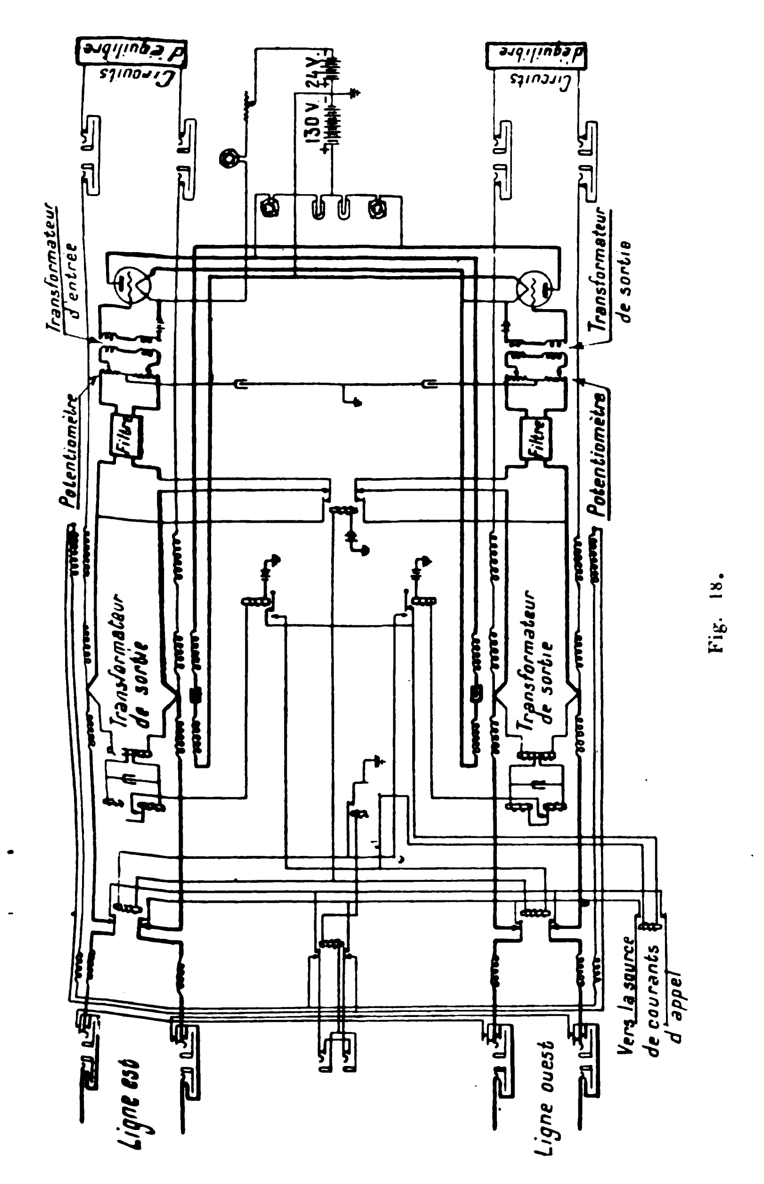


Fig. 18.

n'a pas cessé d'étudier le fonctionnement et les procédés de fabrication des câbles avec combinés pupinisés. On est arrivé à cette conclusion que c'est le système à paires combinables qui est de beaucoup préférable. Au mois d'août 1911, on avait terminé l'installation du câble de 120 km qui relie New-York à Washington ; la section Philadelphie-Washington était mise en service au mois de juin 1912 ; elle consiste en un câble composé de 148 conducteurs (pesant 75 kg, 360, 37 kg, 680 et 18 kg, 600 par mille), dont la plupart sont groupés en quadrilles et équilibrés pour fonctionner en combinés. Le procédé permettant de supprimer les déséquilibres de capacité sur ce câble font l'objet des brevets anglais, nos 2508 et 2509 (année 1913). Ces brevets très détaillés ont été déposés aux États-Unis au mois d'avril 1912 et en Angleterre au mois de janvier de l'année suivante. L'application des relais à lampes aux câbles a eu lieu pour la première fois à Philadelphie sur le circuit commercial New-York-Washington, construit en câble d'un bout à l'autre. Sur la section New-York-Philadelphie, on s'est servi de conducteurs pupinisés pesant 30 kg par mille, et sur la portion Philadelphie-Washington de conducteurs de 37 kg, 680 par mille. Le circuit avait une longueur totale de 354 km environ ; il a été ouvert au service au commencement de 1915.

Mr H. F. Korteuer (communiqué par correspondance). — Le mémoire de sir Noble ne dit que fort peu de choses à propos de l'installation des relais téléphoniques ; une description sommaire de la tendance générale qui se manifeste aux États-Unis en ce qui concerne les progrès réalisés dans la construction et l'équipement des circuits, peut présenter quelque intérêt. Les relais téléphoniques à lampe sont utilisés commercialement en Amérique depuis 1915 ; en 1918, on en comptait 700 en service ; actuellement, il y en a environ 1500 qui fonctionnent réellement, la moitié sur câbles et l'autre moitié en lignes aériennes. Les relais des câbles fonctionnent dans les deux sens ; ils sont associés à des amplificateurs distincts pour les conversations échangées soit dans un sens, soit dans l'autre. La fig. 18 représente un relais commercial pour câble. Il convient de remarquer que ce relais diffère de celui représenté schématiquement sur la ligne 6 du mémoire ; il est muni de filtres qui étouffent les fréquences supérieures à la limite utile et simplifient ainsi la construction des circuits destinés à équilibrer les lignes de départ et d'arrivée. Le circuit du relais renferme en outre des potentiomètres qui permettent de régler le degré d'amplification de manière à ce qu'il s'applique aux conditions du circuit sur lequel les relais travaillent. Les dispositifs prévus pour transmettre les signaux d'appel dans les deux sens sont deux systèmes de relais sensibles au courant alternatif d'appel ; lorsqu'ils sont excités, un nouveau courant

d'appel est lancé sur la ligne. Pour éviter des troubles interférentiels, on utilise sur les lignes de transmission téléphonique et télégraphique simultanées un courant de travail dont la fréquence est de l'ordre de 135 ∿ par seconde. Lorsque l'équipement du circuit le permet, on se sert de fréquences plus basses (de 16 à 20 ∿ par seconde) sur les installations les plus récentes, les relais sont calculés pour amplifier le courant d'appel à 135 ∿, exactement comme un courant de conversation. L'emploi de ce dispositif simplifie la construction du poste à relais, puisque sur les circuits bifilaires il n'est pas besoin de relais pour courants de travail et que, sur les circuits à quatre conducteurs, deux relais seulement sont nécessaires pour chaque amplificateur. Sur la fig. 18, on voit un certain nombre de jacks montés en série avec les lignes Est et Ouest. Ces jacks sont montés sur des panneaux voisins des boîtes de relais. Grâce à eux, la personne chargée des relais peut relier le relais à un circuit d'essais qui lui permet de se rendre compte si le relais fonctionne normalement et de faire certaines mesures qui indiquent qu'on obtient bien le degré d'amplification convenable pour toutes les fréquences téléphoniques. En outre, ces jacks permettent de déconnecter le relais lorsqu'il est en dérangement et de brancher provisoirement un relais en bon état. Enfin, on peut encore, à partir de ces jacks, faire des essais pour s'assurer si les circuits d'équilibre sont en bon état. Les deux jacks qu'on voit à gauche du circuit sont des jacks d'écoute qui permettent à l'employé de brancher son téléphone sur le circuit du relais à des fins de contrôle.

Le perfectionnement des dispositifs commerciaux à relais aux États-Unis a conduit à adopter différents types suivant les exigences propres des diverses catégories d'installations pourvues de relais. Le modèle le plus communément employé tout d'abord était une boîte complète ayant 30 cm de largeur et de profondeur et 1 m, 80 de hauteur. Elle renfermait tous les organes du circuit de la fig. 18, jacks d'essais compris. Un premier perfectionnement a produit le type de relais dit « rack-type » (bâtis de relais). L'« American Telephone and Telegraph C° » est en train de construire une ligne en câble très importante, entre New-York et Chicago. La longueur du câble sera de 1.450 km. en chiffres ronds. Dix-sept stations de relais sont prévues. Le type de relais dit « à 4 conducteurs » servira sur les circuits qui vont d'un bout à l'autre du câble ; pour les circuits intermédiaires, on se servira de relais du modèle dit « à 2 conducteurs ». Dans chacune des dix-sept stations de relais, il y aura environ 100 relais téléphoniques. Chaque paire de conducteurs téléphoniques du câble servira en outre pour la transmission simultanée des télégrammes dans les deux sens.

RÈGLES

POUR LE TRANSFERT D'UN GRAND CENTRAL TÉLÉPHONIQUE.

Par M. Goulignac
Inspecteur des Postes et Télégraphes.

L'ouverture d'un central téléphonique ou le transfert d'un ou de plusieurs secteurs, d'une circonscription dans une autre, ne doit engendrer, à quelque moment que ce soit, aucune perturbation dans l'exploitation.

Ce résultat ne peut être obtenu que par une étude méthodique de l'opération ; nous basant sur l'expérience acquise au cours de la préparation et de l'exécution des transferts correspondant à l'ouverture des nouveaux bureaux urbains « Trudaine » et « Diderot », nous allons essayer d'en retracer les principaux stades.

Nous examinerons successivement le rôle des différents services dans le transfert, savoir :

1° Services des lignes (direction et équipes) ;

2° Services d'exploitation et technique de la direction, et des bureaux centraux.

Service des lignes (Direction et équipes)

A Paris, le service des lignes est centralisé à la direction des Services Téléphoniques qui dirige et contrôle le travail des équipes.

Supposons que nous ayons à relier à un bureau B 4.000 abonnés présentement rattachés à un bureau A. Nous en déduirons, compte tenu de l'extension à prévoir, le nombre de câbles à 112 paires à dérouler des chambres de concentration à transférer, jusqu'à B.

Remarquons, en passant, que le câble à 112 paires est consi-

déré comme unité ; on se sert parfois de câbles à 224 ou 448 paires de fil à diamètre réduit.

Dans la préparation du transfert, deux cas peuvent se présenter.

1er cas. Le périmètre d'une chambre passe en entier à la nouvelle circonscription ; aucune difficulté ne se présente. Dans chacune des boites Gaucher, les 112 paires du câble en service avec A sont dessoudées ; le câble est retiré de la tubulure débouchant du côté 112 paires de la planchette verticale d'ébonite et amené à la seconde tubulure arrivant du côté opposé de la planchette (côté des câbles à 28 paires) les liaisons sont établies à l'aide des écrous des plots de raccordement sur les cosses desquels sont soudés les câbles à 28 paires.

Le câble venant de B est alors introduit par la tubulure rendue disponible et épanoui sur la planchette verticale (côté 112 paires) ; les soudures sont faites aux cosses des plots de façon que les 2 fils de chaque couleur dans chaque amorce soient fixés aux plots où arrivait la même couleur de l'amorce correspondante du câble venant de A.

Les contre-écrous des plots de la planchette en ébonite, côté 112 paires, ne sont toutefois pas serrés à ce moment ; les lignes sont ainsi isolés à ce point. Il y a intérêt à n'effectuer ce serrage, qui assurera la continuité métallique de la liaison, qu'au moment où se feront les essais de concordance des constitutions de chaque ligne, c'est-à-dire peu de temps avant l'exécution du transfert. On évite ainsi des complications dans la recherche des dérangements et l'affaiblissement de l'audition dû principalement à la capacité.

Il peut y avoir parfois intérêt à utiliser tout ou partie des anciens câbles. On fait alors, au point de vue le plus avantageux, une liaison en Y vers B sur le câble en service avec A. (La liaison en Y est constituée par une dérivation de tous les fils d'un câble à l'aide d'une « culotte de division » en plomb.)

Il en a été ainsi procédé à l'occasion du transfert des 3.000 abonnés de Roquette qui ont été reliés à Diderot, en raison de la contiguïté des locaux.

La méthode n'est pas recommandable parce qu'elle laisse subsister les inconvénients signalés plus haut qu'évite l'emploi de la boîte Gaucher. Que la double communication soit établie aux boîtes Gaucher ou par épissure en Y, les travaux correspondants sont effectués dans la nuit. La perturbation d'exploitation est ainsi pratiquement inexistante.

2e cas. Lorsqu'une partie seulement des abonnés reliés à un même câble à 112 paires est à transférer, il faut procéder au regroupement de ces abonnés. Cette opération entraîne le plus souvent la pose de nouveaux câbles à 7, 28 et quelquefois même à 112 paires comme aussi le prolongement des câbles à 1 paire. Ce regroupement a pour but d'arriver à n'avoir sur chacun des câbles qui en font l'objet que des lignes restant à A ou des lignes devant passer à B.

Pour celles-ci on se trouve alors ramené au premier cas.

Il rentre également dans les attributions du service des lignes d'amener les nouveaux câbles et de les raccorder aux têtes verticales du répartiteur d'entrée de B.

En somme le travail des équipes comprend en ce qui concerne les lignes d'abonnés :

1° le regroupement des abonnés ;

2° la pose du câble 112-28-7 et 1 paires, des pièces de raccord pour câbles à 28-7 et 7-1 paires, et la liaison des nouveaux 112 paires aux têtes verticales du répartiteur d'entrée de B ;

3° la préparation aux boîtes Gaucher, de la double communication ;

4° la confection des épissures en Y dans le cas où il n'est pas possible d'opérer aux boîtes ;

5° le serrage des contre-écrous aux boîtes pour établir la communication.

Lignes auxiliaires. — La création d'un nouveau bureau entraîne l'extension du réseau de lignes auxiliaires.

Celles-ci sont de deux sortes :

bifilaires pour les liaisons entre les différents centraux urbains et dans le sens : centraux urbains → postes central interurbain (ligne d'annotatrices).

trifilaires dans le sens poste central interurbain $\rightarrow$ centraux urbains (groupes intermédiaires).

En général, les prévisions concernant l'ouverture d'un nouveau bureau sont comprises dans le programme actuel d'extension établi par la direction.

Pour les lignes bifilaires on se bornera à poser des câbles à 112 paires entre B et les bureaux les plus importants ; quant aux autres centraux, pour lesquels les besoins ne justifieraient pas la pose d'un 112 paires spécial avec B, on les atteint par voie détournée au moyen des disponibilités existantes.

Le bureau de Gutenberg, placé au centre de Paris, est en général utilisé comme point de coupure. Les liaisons sont établies à un répartiteur spécial de transit placé au sous-sol.

Le poste central interurbain est relié directement aux différents centraux (sauf à Auteuil qui emprunte l'un des câbles Passy Inter.). Il faudra donc prévoir la pose d'un câble à 112 tierces entre B et l'interurbain.

En résumé, le travail des équipes consiste, en ce qui concerne les lignes auxiliaires, à amener les câbles à 112 paires (ou tierces) à la tête verticale du répartiteur d'entrée de lignes auxiliaires des deux bureaux qu'ils relient.

Lignes d'intérêt privé. Lignes supplémentaires empruntant déjà 2 gros câbles (câbles d'abonnés ou câbles auxiliaires suivant que le poste supplémentaire correspondant est ou non dans la même circonscription que le poste principal).

On réalisera les nouvelles liaisons à l'aide de paires prises dans les câbles auxiliaires ou d'abonnés, ce qui entraînera l'obligation d'établir des renvois entre les répartiteurs général et de lignes auxiliaires de B.

Les chefs d'ateliers intéressés se tiendront en liaison constante avec un agent nommément désigné de chacun des bureaux A et B, chargé de leur fournir les documents et références nécessaires à la préparation du transfert.

Services d'exploitation et technique de la direction et des bureaux centraux.

Les personnes qui souscrivent un abonnement à partir du moment où une nouvelle circonscription est créée (donc bien avant que le bureau qui doit la desservir puisse être mis en service) reçoivent un numéro d'appel de la série correspondante.

Leurs lignes sont reliées à un meuble spécial installé dans le bureau qui desservait antérieurement cette circonscription.

Exemple : le bureau de « Fleurus » ne sera mis en service, au plus tôt, qu'à la fin de 1922 ; or 2.600 abonnés, qui ont des numéros d'appel de la série Fleurus, sont reliés, à Saxe, sur un multiple provisoire Fleurus.

Les abonnés attachant une grande importance à conserver le numéro d'appel qui leur est attribué, on évite, tout au moins pour les nouveaux, d'avoir à le changer au moment du transfert.

Par contre, tous les anciens abonnés, déjà en service à A lorsque la création du nouveau bureau B est décidée, devront, au transfert, changer de numéro d'appel.

Ce dénumérotage sera fait par A, à qui B indiquera les centaines de sa série à mettre en service.

A qui conserve les abonnés à passer à la série B jusqu'au jour du transfert est le seul qui puisse suivre la situation de leur contrat et tenir compte des résiliations, des transferts et des changements de titulaires.

La liste ainsi établie et les modifications qu'elle peut subir sont communiquées au service de l'Annuaire de la direction qui tient à jour les divers documents (liste par lettre alphabétique, liste par rues, dossiers d'abonnés, cartons individuels).

Cette liste sera tirée à environ 400 exemplaires, par l'imprimerie de la direction et distribuée :

1° à tous les centraux et à l'interurbain qui en pourvoiront leurs services de renseignements ou de références ;

2° à la direction de la Seine : pour les bureaux pourvus de multiples à batterie centrale ; pour les bureaux de poste chargés

de l'encaissement des recettes téléphoniques qui devront porter les nouveaux numéros d'appel sur leur registre 1392-1 ;

3° à la direction de Seine-et-Oise.

Un tirage sera également fait pour les cabines transférées et réparti dans les mêmes conditions.

Il est nécessaire que la date d'un transfert soit postérieure à la publication de l'Annuaire ou d'un supplément ; les abonnés à dénuméroter y figurent sous leur nouveaux numéros (série B) et un encartage placé en tête du volume donne la liste de correspondance des anciens et nouveaux numéros établie dans l'ordre des *nouveaux* numéros. Sur cette liste figurent également les abonnés qui sont reliés, avec un numéro, de la série B, au meuble provisoire fonctionnant à A. Il est ainsi facile de retrouver le numéro de la série A sous lequel doit être demandé, jusqu'à la date du transfert, un abonné inscrit dans le corps de l'Annuaire avec un numéro de la série B. (Voir à ce sujet la liste de correspondance Diderot-Roquette encartée dans l'Annuaire de 1921.)

Dès que cette date est fixée définitivement, le public en est informé par des avis insérés dans les journaux et les abonnés dénumérotés reçoivent une notification individuelle sous pli recommandé.

Six mois avant la date approximative du transfert, la direction établit un programme sur les bases suivantes :

1° Composition du multiple ;

2° Trafic à prévoir ;

3° Constitution du sectionnement ;

4° Préparation et ordre du transfert ;

5° Ripolinage préalable et établissement spécial de transfert ;

6° Consignes d'exploitation à observer avant et après le transfert ;

7° Charges des groupes ;

8° Personnel ;

9° Questions diverses ;

10° Direction des opérations.

Nous traiterons successivement chacun de ces points.

1° *Composition du multiple :*

a) nombre de groupes intermédiaires à 40 monocordes ;

b) nombre de groupes B équipés et non équipés ;

c) nombre de groupes A avec leur capacité en jacks locaux et l'indication des jacks d'entr'aide s'il y a lieu ;

d) capacité du multiplage, avec le nombre de jacks de banlieue ;

e) nombre de réglettes de lignes auxiliaires avec l'indication des groupes de départ entre lesquels ces réglettes peuvent être sectionnées.

Nombre de boutons de conversation.

2° *Trafic à prévoir.*

Il peut être calculé comme suit :

Supposons que le nouveau bureau B doive recevoir :

3.000 abonnés A à dénuméroter ;

1.000 abonnés B actuels (présentement en service sur un meuble provisoire B fonctionnant à A) ;

100 circuits Paris-banlieue desservis par le meuble provisoire B.

Admettons que le bureau A desserve actuellement 8.000 abonnés A et, au départ seulement, 1.000 abonnés B et 100 circuits banlieue-Paris qui équivalent approximativement à 1.000 abonnés.

Il faut donc compter que le rapport du trafic de B au trafic actuel de A sera sensiblement :

1° : au départ :

$$\frac{3000\ (\text{dénumérotés}) + 1000\ (\text{ab. B actuels})}{8000\ (\text{abon. A}) + 1000\ (\text{ab. B actuels}) + 1000\ (\text{cir. banl.})} = \frac{4}{10} = 0{,}4$$

2° : à l'arrivée :

$$\frac{3000\ (\text{dénumérotés})}{8000\ (\text{abonnés A})} = \frac{3}{8} = 0{,}4 \text{ par excès.}$$

à ce dernier chiffre, il faut ajouter *le trafic actuel d'arrivée de B* (sur le meuble provisoire).

Les prévisions seront donc très suffisantes en escomptant que A gardera environ 0,65 de son trafic actuel et que B prendra environ 0,45 du trafic actuel de A dans les deux sens, plus le trafic actuel de B.

Pour évaluer le trafic à prévoir de A vers B, on se basera sur la moyenne d'appels par abonné à l'heure la plus chargée et sur le pourcentage du nombre de communications qui ne sortent pas de la circonscription, à partager proportionnellement au nombre d'abonnés desservis à l'arrivée, c'est-à-dire : 8000 (abonnés A) — 3000 (dénumérotés) = 5000 pour A et 3000 (dénumérotés) + 1000 (ab. B actuels) + 1000 (banl.) = 5000 pour B (en considérant que 100 circuits Paris-banlieue équivalent en gros à 1000 abonnés).

Les coefficients à appliquer sont donc 0,50 pour A et 0,50 pour B.

En nous plaçant dans le cas de Roquette-Diderot où le nombre d'appels par abonné à l'heure chargée ressort à 2 et le pourcentage des communications locales à 20, le trafic de A vers B à l'heure chargée s'établit comme suit :

$$2\times\left\{\begin{array}{l}(8000 \text{ abonnés A} + 1000 \text{ ab. B actuels} + 1000 \text{ banl.})\\ -(3000 \text{ dénumérotés} + 1000 \text{ ab. B actuels})\end{array}\right\}\times 0{,}2,\times 5 = 1200$$

De même on comptera de B vers A.

$2\times(3000 \text{ dénumérotés} + 1000 \text{ ab. B actuels})\times 0{,}2\times 0{,}5 = 800.$

Il sera donc prudent de prévoir à B, 3 1/2 groupes d'arrivée pour desservir A et à A 2 1/2 groupes d'arrivée pour desservir B.

3° *Constitution des sectionnements.*

Ils seront constitués à l'avance dans les deux sens et le bon fonctionnement des conjoncteurs sera essayé.

Le point le plus délicat est de déterminer le nombre de lignes auxiliaires et de conversations à établir :

de B vers les différents centraux et l'Inter (lignes d'annotatrices);

des différents centraux et de l'Inter (pour celui-ci prévoir des lignes trifilaires). vers B.

Ce calcul est établi à l'aide des pointages fournis par les bureaux. On prendra le nombre de communications à l'heure la plus chargée (en général de 10 h. à 11 h.) et on le multipliera par le coefficient établi comme il vient d'être dit. Le nombre de lignes auxiliaires s'en déduira immédiatement, en tenant compte

qu'un groupe d'arrivée peut donner 360 communications à l'heure et comporte 20 monocordes.

Le nombre de lignes auxiliaires qui dessert A tant au départ qu'à l'arrivée devra être diminué.

Concrétisons ce qui précède par des exemples :

1er exemple. — A dispose au départ avec un central C de 3 sectionnements : 2 particuliers et 1 général (c'est le cas le plus fréquent) de 20 lignes chacun. Les pointages fournis par C à l'arrivée indiquent que le 1er particulier a donné 280, le 2e 320, et le général 360 communications à l'heure la plus chargée.

Nous avons calculé que A gardera environ 0,65 de son trafic actuel et que B prendra environ 0,45 du trafic actuel de A dans les 2 sens plus le trafic actuel d'arrivée sur le meuble provisoire B.

Ici, le trafic actuel d'arrivée de B ne nous intéresse pas puisqu'il s'agit des communications données au départ de A. Nous supposerons que sur le meuble provisoire B les réglettes de départ sont multiplées avec celles du multiple A.

Donc, A et B (actuel) ont donné à C :

$280 + 320 + 360 = 960$ communications à l'heure la plus chargée.

Ces communications sont à répartir ainsi :

de A vers C } $960 \times 0,65 = 630$ environ

de B vers C } $960 \times 0,45 = 440$ environ.

Donc on devra prévoir à C :

2 groupes d'arrivée à 20 lignes (au lieu de 3) pour desservir A (rendement maximum $360 \times 2 = 720$) ;

1 groupe 1/2 d'arrivée soit 30 lignes pour desservir B (rendement 360 pour le groupe à 20 lignes, mais inférieur à $360/2 = 180$ pour le 1/2 groupe à 10 lignes qui, à C, sera placé avec un 1/2 groupe d'un autre bureau et exploité en Gilles).

Tant à A qu'à B les sectionnements devront être généraux, c'est-à-dire à la disposition de toutes les opératrices de départ,

ce qui entraînera à A la transformation du particulier restant en général.

2e exemple. — C dispose au départ de 3 sectionnements avec A et de 1 sectionnement avec B (meuble provisoire fonctionnant à A).

Les pointages fournis par A à l'arrivée accusent 290, 360, 350 communications à l'heure la plus chargée et pour B (toujours à l'arrivée 150).

C a donné à A : $290 + 360 + 350 = 1000$ communications pendant cette heure ; elles vont se répartir ainsi :

de C vers A : $1000 \times 0,65 = 650$ environ
de C vers B : $1000 \times 0,45 = 450$ environ

auxquelles il faut ajouter les 150 communications de l'arrivée actuelle de B, soit 600.

Donc on devra prévoir :

à A — groupes d'arrivée à 20 lignes (au lieu de 3) pour desservir C ;

à B : 2 groupes d'arrivée à 20 lignes pour desservir C.

Il est ainsi procédé pour toutes les directions et dans les deux sens, départ et arrivée.

Les exemples ci-dessus indiquent que les prévisions doivent être larges.

Les résultats de cette étude sont ensuite consignés dans 2 tableaux.

Nous donnons, à titre d'indication, les tableaux qui ont été établis à l'occasion du transfert de la deuxième tranche de Trudaine (abonnés dénumérotés des séries Gutemberg, Louvre, Central et Nord passés à la série Trudaine). Le transfert préparatoire des abonnés déjà numérotés « Trudaine » ayant été fait en 1920, alors que le transfert définitif n'a été effectué qu'en juillet 1921, on n'a pas eu à tenir compte, pour la détermination des sectionnements, du trafic déjà existant.

Le nombre de nouvelles lignes auxiliaires et de conversation à établir étant fixé, les constitutions sont données, à tous les bureaux, par le service des lignes de la direction.

A B nous n'éprouverons aucune difficulté pour établir nos sectionnements au départ, ni pour disposer des groupes d'arrivée

nécessaires; il n'en sera pas de même dans les autres bureaux qui peuvent manquer de réglettes de lignes auxiliaires, de boutons de conversation et de groupes d'arrivée.

Il faut donc arriver à libérer autant que possible des réglettes et boutons de conversation et *surtout* des groupes d'arrivée.

Bien qu'il s'agisse de cas d'espèce qui, tous, doivent être étudiés spécialement, on peut donner quelques indications générales.

Pour parer à la pénurie de boutons de conversation, on pourra reporter sur un jack une ligne de conversation très peu chargée.

Dans les bureaux où tous les sectionnements au départ sont généraux, on pourra disposer de réglettes en sectionnant le multiplage général.

On pourra aussi créer des disponibilités en groupes d'arrivée en comprimant à l'avance certains sectionnements de départ particulièrement au bureau qui perd les abonnés et, pour les autres bureaux, quand les pointages en indiqueront la possibilité.

Une solution commode consiste à disposer, à la fois, sur un même groupe d'arrivée les monocordes d'un sectionnement à supprimer et ceux d'un autre sectionnement à ouvrir pour le transfert, mais on ne peut le faire que sur les groupes susceptibles d'être équipés à 40 monocordes.

Dans tous les cas où l'on sera amené à adopter, faute de réglettes, de boutons de conversation, ou de groupes d'arrivée disponibles, des dispositions spéciales, il sera bon de fixer un programme qui sera notifié pour exécution, aux chefs de bureaux, contrôleurs principaux techniques, mécaniciens principaux des équipes centrales intéressés.

NOMBRE DE LIGNES AUXILIAIRES, DE CONVERSATION, D'ANNOTATRICES QUI SERONT NÉCESSAIRES POUR DESSERVIR LE BUREAU L APRÈS LE TRANSFERT EN PRÉPARATION.

Départ de L. — Arrivée dans les différents centraux.

Bureaux	Nombre actuel de communicat. à l'heure la plus chargée	Nombre de comm. à l'heure à prévoir après le transfert	Nombre actuels de lignes aux^res	Nombre actuels de lignes de com	Nombre de lignes à prévoir après le transfert aux^res	Nombre de lignes à prévoir après le transfert de com	Nombre de groupes B à prévoir après le transfert y compris les gr. exist.	Observations
B Wagram..	237	948	20	1	52	3	2 1/2	
C Nord. ...	325	1300	20	1	60	3	3	
E Auteuil...	70	280	5	1	20	1	1	
F Gobelins..	103	412	12	1	32	2	1 1/2	
G Fleurus...	68	272	5	1	20	1	1	
H Diderot...	27	118	10	1	10	1	1/2	rien à modifier
I Passy....	94	376	15	1	20	1	1	
K₁ Gutenberg	349	1396	25	1	80	4	3 1/2	
K₂ Central...	451	1804	45	2	105	5	5	
K₃ Louvre ...	179	716	15	1	40	2	2	
L Trudaine..	126	504	25	1	40	2	2	
M Archives..	106	424	20	1	30	2	1 1/2	
O Elysées...	106	424	10	1	30	2	1 1/2	
R Roquette..	196	784	16	1	56	3	2 1/2	
S Saxe......	176	704	12	1	40	2	2	
T Marcadet..	73	292	9	1	20	1	1	
Inter....			5	1	15			

4° *Préparation et ordre du transfert.* — En ce qui concerne le service des lignes, la préparation du transfert est faite comme il est dit dans la 1re partie de cette étude.

Des équipes centrales, placées sous les ordres du service des Installations, effectuent les jonctions par ignifugés : au bureau B :

a) au répartiteur général, entre les têtes verticales (côté multiple et les réglettes horizontales) ;

b) au répartiteur intermédiaire entre les réglettes horizontales (côté jacks généraux) et les réglettes verticales (côté jacks locaux). Ces jonctions sont faites à l'aide de jarretières à 3 ou 4 fils suivant que le relai d'appel et de coupure est du côté « jack local » ou du côté « jack général ».

Les liaisons suivantes sont faites, en câble par le constructeur :

Nombre de lignes auxiliaires de conversation qui seront nécessaires pour desservir le bureau L après le transfert en préparation.

Départ des différents centraux. — Arrivée à L.

Situation actuelle — Nombre de: Sectionnements	Situation actuelle — Nombre de: lignes auxiliaires	Situation actuelle — Nombre de: lignes de conversation	Situation actuelle — Nombre de: Commᵒⁿˢ à l'heure la plus chargée	Lignes venant de	Situation à réaliser — Nombre à prévoir après le transfert: Commᵒⁿˢ à prévoir à l'heure la plus chargée après le transfert	Situation à réaliser — Nombre à prévoir après le transfert: lignes auxiliaires	Situation à réaliser — Nombre à prévoir après le transfert: lignes de conversation	Situation à réaliser — Nombre à prévoir après le transfert: de groupes B y compris ceux existants	Observations
1	25	1	114	Inter	456	40	1	1	
1	17	1	151	B Wagram	601	31	2	2	{ dont 2 lignes auxilʳᵉˢ venant de Neuilly
1	15	1	128	R/H Roquette	512	30	2	1 1/2	
1	18	1	203	C Nord	812	50	3	2 1/2	
1	9	1	84	T Marcadet } Gilles	336	20	1	1	
1	15	1	80	I Passy	320	20	1	1	
1	5	1	33	E Auteuil } Gilles	132	10	1	1/2	
1	10	1	87	F Gobelins	348	20	1	1	
1	10	1	85	M Archives } Gilles	340	20	1	1	
1	25	1	462	K¹ Gutenberg	1.848	100	5	5	sectionˢ particuliers
1	25	1	327	K² Central	1.308	80	4	4	dᵒ
1	10	1	85	K¹ Gutenberg } Gilles	340	25	1	1	sectionˢ de secours
1	15	1	80	K² Central } secᵗˢ	320	20	1	1	dᵒ
1	25	1	106	L Trudaine	424	40	2	2	
1	15	1	189	S/G Saxe	756	40	2	2	
1	10	1	111	O Elysées } Gilles	444	30	2	1 1/2	

a) des réglettes horizontales du répartiteur général avec les mêmes réglettes du répartiteur intermédiaire ;

b) des réglettes horizontales du répartiteur intermédiaire avec les jacks généraux ;

c) des réglettes verticales du répartiteur intermédiaire avec les jacks locaux.

Au répartiteur de lignes auxiliaires, les équipes centrales relient les têtes verticales aux réglettes horizontales, côté lignes de départ, côté lignes d'arrivée.

Les jonctions en câble vers les réglettes de lignes auxiliaires au départ, et les groupes d'arrivée sont faits par le constructeur.

Les travaux des équipes centrales sont exécutés conformément aux références établies par le chef du bureau B.

Ces mêmes équipes effectuent les essais de concordance de lignes d'abonnés entre le répartiteur de B et les jacks locaux des abonnés de A à transférer, ainsi que les essais de lignes auxiliaires, de répartiteur à répartiteur et de meuble à meuble.

Le transfert sera fait en plaçant les fusibles aux têtes verticales de B et en coupant en même temps à la pince les fils de jonction aux réglettes horizontales du répartiteur de A. Pour cette opération, il est nécessaire de faire établir une fiche par tête de câble indiquant les constitutions dans l'ordre des numéros B.

Les différentes phases du transfert s'exécutent dans l'ordre suivant et à plusieurs jours d'intervalle :

a) On transférera d'abord les abonnés portant déjà des numéros d'appel de la série B (et les circuits Paris-banlieue, s'il y en a). Cette première opération s'exécutera la nuit à partir de 21 heures.

Les sectionnements de secours dans les deux sens seront mis en service. Les groupes d'arrivée de B les desservant seront placés les uns à la suite des autres pour faciliter l'exécution du service réduit.

b) On reliera ensuite les lignes spécialisées au départ de la circonscription B, le jour aux heures de faible trafic, de préférence.

c) On transférera enfin les abonnés de A à dénuméroter dans l'ordre des centaines de A (et les circuits banlieue Paris, s'il y en a).

Cette partie du transfert, *étant de beaucoup la plus importante des trois*, commencera un samedi à 16 heures. En raison de la semaine anglaise, le trafic est extrêmement faible dans l'après-midi du samedi.

En comptant que le transfert d'une centaine demande au maximum 20 minutes, on calculera le temps que le travail total demandera. On fixera alors les vacations des équipes dont la direction et la surveillance seront confiées à un agent, contrôleur



principal ou contrôleur, nommément désigné par les chefs des bureaux intéressés.

Deux groupes d'équipe seront constitués.

Pendant le transfert, le numéro de la dernière centaine transférée sera affiché dans la salle du multiple B, sur un tableau noir bien en vue de toutes les téléphonistes. L'utilité de cette précaution se déduira de la lecture des consignes d'exploitation. (Voir plus loin 6° : Consignes à observer pendant et après le transfert.)

Les groupes d'arrivée seront mis en service dans les deux sens.

Dans le cas où tous les sectionnements seront généraux à B, c'est-à-dire à la disposition de toutes les opératrices de départ, des indices spéciaux placés sur les lettres indicatives des boutons de conversation, indiqueront à chaque opératrice, le sectionnement dont elle doit se servir normalement aux heures chargées, étant entendu qu'en cas seulement de manque de lignes sur le sectionnement normal elle aura la faculté d'utiliser, dans un ordre déterminé, les autres sectionnements, à titre de secours.

Cette règle, observée à Trudaine, a donné d'excellents résultats quant à l'équilibre du travail sur les sectionnements.

Une fois le transfert achevé, les équipes des lignes enlèvent la double communication allant vers A soit au côté 28 paires des boîtes Gaucher, soit aux points où ont été faites les épissures en Y, suivant le cas.

5° *Ripolinage préalable, — signal de transfert.* — Le ripolinage consiste à faire marquer d'un demi-cercle de peinture blanche sur le multiple A les jacks généraux des lignes à dénuméroter.

Ce travail se fera de préférence la nuit et aux heures de faible trafic.

On rétablira l'ancien signal de non-réponse sur les jacks disponibles de la réglette d'occupation, devant tous les groupes d'arrivée du multiple A et ce même signal sera établi sur le même nombre de jacks à libérer sur cette réglette devant les groupes intermédiaires.

On examinera la possibilité d'établir ce signal de non-réponse

sans ronflement, tout en conservant le ronflement sur le signal d'occupation.

C'est ce signal *à cadence lente* (30 éclats par minute) *et non ronflée* qui a été utilisé pour les transferts de Trudaine et de Diderot.

Les consignes d'exploitation vont montrer son utilité et celle du ripolinage.

6° *Consignes d'exploitation à observer pendant et après le transfert.* — Nous donnons celles qui ont été établies pour le transfert de Trudaine. — Elles ne s'appliquent évidemment qu'à la partie du transfert concernant les abonnés à dénuméroter. Pour ceux qui fonctionnent déjà avec un numéro de la nouvelle série (1re phase du transfert) il n'y a aucune précaution à prendre.

CONSIGNE N° I

à observer par les opératrices d'arrivée de Trudaine du samedi 2 juillet à 16 heures jusqu'à la fin du transfert.

Consulter constamment le tableau noir indiquant la dernière centaine transférée.

Si une demande est reçue pour un numéro d'une centaine « non transférée » la téléphoniste de départ avertira l'abonné qu'il doit demander l'ancien numéro et, s'il l'ignore, elle lui donnera à Trudaine, le service des références qui le renseignera.

CONSIGNE N° II

à observer par les opératrices d'arrivée et intermédiaires de Nord, Gutenberg, Central et Louvre (ces 4 multiples passaient des abonnés à Trudaine) du samedi 2 juillet à 16 heures jusqu'à la fin du transfert.

Si une demande est reçue pour un abonné ripoliné blanc, ne pas tenir compte du ripolinage, et établir la communication normalement.

Si une téléphoniste de départ signale « pas de réponse (ou manque d'appel) sur conjoncteur n°. . . », s'assurer que le bouton d'appel est bien enfoncé (cette précaution est inutile pour les

groupes à appel par simple enfoncement de la fiche et vérifier ensuite si la communication est établie avec une ligne ripolinée blanc.

Dans ce cas, répondre : « transférée à Trudaine » et couper. (La téléphoniste de départ avertit l'abonné qu'il doit demander le nouveau numéro et, s'il l'ignore, elle le mettra en communication avec le service des renseignements de son bureau, qui le lui indiquera.)

Dans tous les autres cas, les téléphonistes d'arrivée opèrent comme d'habitude, mais il est à remarquer qu'à partir du commencement du transfert, elles ne doivent plus répondre aux demandes de renouvellement d'appel qu'après avoir vérifié chaque fois qu'il s'agit d'une communication établie avec une ligne ripolinée en blanc.

CONSIGNE N° III

à observer par les téléphonistes des groupes de départ de Nord, Gutenberg, Central et Louvre pourvus du multiplage, du samedi 2 juillet à 16 heures jusqu'à la fin du transfert.

Si une demande est reçue pour un abonné ripoliné en blanc, ne pas tenir compte du ripolinage et établir la communication normalement en surveillant la réponse du demandé.

Si la réponse tarde, rentrer en écoute et, si le retour d'appel est faible, prévenir l'abonné qu'il doit demander son correspondant par le nouveau numéro ; s'il l'ignore, lui donner :

à Nord, le service des renseignements,

à Gutenberg, Central et Louvre le service des références de K 1/3 ou K 2, installé à l'occasion du transfert.

Le service intéressé donnera au demandeur le nouveau numéro « Trudaine » de son correspondant.

CONSIGNE N° IV

à observer par les téléphonistes de départ de tous les bureaux et celles de l'interurbain du samedi 2 juillet à 16 heures jusqu'à la fin du transfert.

1° Pour toutes les communications destinées à Nord, Guten-

berg, Central et Louvre, surveiller la réponse du demandé et, si elle tarde, rentrer en ligne de conversation et signaler : « pas de réponse (ou : manque d'appel) sur conjoncteur n°. . . ». Si la téléphoniste d'arrivée répond : « transféré à Trudaine », prévenir l'abonné qu'il doit demander son correspondant par le nouveau numéro, et, s'il l'ignore, lui donner le service des renseignements du bureau d'attache, qui le lui indiquera, sauf à Gutenberg où le demandeur sera mis en relation avec le service des références de Gutenberg, Louvre ou Central, installé spécialement pour le transfert.

Les téléphonistes de départ des bureaux urbains pourront remarquer que le retour d'appel est affaibli sur toutes les lignes transférées à Trudaine. Dans tous les cas où elles constateront cette particularité, elles devront rentrer immédiatement en ligne de conversation comme il a été indiqué à l'alinéa précédent.

2° Pour une communication destinée à Trudaine, si la téléphoniste d'arrivée de Trudaine répond : « non transféré », prévenir l'abonné de demander son correspondant par l'ancien numéro et, s'il l'ignore, lui donner le « service des références » à Trudaine qui le renseignera.

CONSIGNE N° V

à observer par les téléphonistes B et intermédiaires de Nord, Gutenberg, Central et Louvre pendant la période succédant au transfert et jusqu'à nouvel ordre.

Si au moment d'établir la communication, le jack est trouvé ripoliné en blanc, enfoncer la fiche du monocorde dans un des jacks de non-réponse.

CONSIGNE N° VI

à observer par les téléphonistes des groupes A de Nord, Gutenberg, Central et Louvre pourvus de multiplage, pendant la période succédant au transfert et jusqu'à nouvel ordre.

Si une demande est reçue pour un abonné ripoliné en blanc, ne pas établir la communication et avertir l'abonné qu'il doit

demander le nouveau numéro de Trudaine. S'il l'ignore, lui donner :

à Nord, le service des renseignements,

à Gutenberg, .Central et Louvre le service des références de K 1/3 ou K 2 installé à l'occasion du transfert.

Le service intéressé donnera au demandeur le nouveau numéro « Trudaine » de son correspondant.

CONSIGNE N° VII

à observer par les téléphonistes de départ de tous les bureaux et celles de l'interurbain pendant la période succédant au transfert et jusqu'à nouvel ordre.

Si l'un des multiples Nord, Gutenberg, Central ou Louvre envoie le signal de *non-réponse*, donnant sur la lampe de supervision des éclats à cadence lente et non ronflée, prévenir l'abonné qu'il doit demander son correspondant par le nouveau numéro de Trudaine et, s'il l'ignore, lui donner le service des renseignements du bureau d'attache qui le lui indiquera.

On remarquera que, pour le transfert de Trudaine, nous avons dû établir, à Trudaine et à Gutenberg, un service de références pour éviter l'embouteillage de la table de renseignements.

Les consignes sont tirées à un nombre suffisant d'exemplaires et distribuées, dans les bureaux intéressés, par les soins de la Direction. — Il en est également remis un certain nombre aux Directions de Seine et de Seine-et-Oise qui doivent en munir les bureaux de leur département.

7° *Charge des groupes.* — Au bureau A, il sera procédé à un regroupement des abonnés par dérivation des jacks locaux, de façon que tous les abonnés à transférer soient rassemblés sur des groupes de départ qui deviendront ainsi disponibles dès le transfert effectué. Ce regroupement pourra être mis à profit pour équilibrer la charge des groupes. A B, cette charge sera déterminée en tenant compte du nombre de groupes de départ que l'on peut mettre en service à l'ouverture du bureau. Elle ne devra pas excéder une moyenne de 180 communications, à

l'heure chargée, ce qui correspond, pour le cas de Diderot, à un chiffre de 80 à 85 jacks locaux en service par groupes.

8° *Personnel.* — Le personnel nécessaire, tant de surveillance que d'exécution, sera déterminé conformément aux prescriptions de la Cre 1585 (V. Bulletin Mensuel des P.T.T., 1920, N° 16, p. 703), qui donne, à ce sujet, des indications très précises.

Les propositions utiles seront faites à l'Administration assez tôt pour que l'arrêté fixant l'effectif puisse être pris avant le transfert.

Des instructions devront être données au chef du Bureau B pour que les opératrices, d'arrivée, soient choisies parmi les téléphonistes exercées. Les débutantes devront être affectées aux groupes de départ de préférence.

Faute d'avoir observé cette règle, nous avons éprouvé quelques difficultés, au début, pour assurer le trafic d'arrivée de Trudaine.

9° *Questions diverses.* — Le programme doit aussi prévoir les installations suivantes : *a*) table d'essais, lignes de renvoi entre cette table et le meuble ;

b) jacks pour les essais préventifs à placer sur les groupes de départ et d'arrivée ;

c) tables de réclamations, de contrôle, de surveillantes ;

d) atelier de réparations (installation et outillage).

e) formation de la batterie d'accumulateurs ; le courant devra être mis sur le meuble 15 jours environ avant le transfert.

10° *Direction des opérations.* — Un fonctionnaire de la Direction est chargé de l'organisation et de la Direction générale du transfert.

Les chefs des bureaux A et B désigneront chacun : 1° un agent, qui sera chargé de prendre en mains l'exécution des différentes opérations prescrites et qui devra assurer la liaison entre les différents services des bureaux A et B et leur entente avec les autres bureaux.

2° un agent placé sous les ordres du précédent qui s'occupera spécialement de faire établir les documents et les références

nécessaires d'accord et en liaison constante avec le service des lignes.

Pour tous les programmes et instructions qui sont envoyés par la Direction à divers fonctionnaires ou agents intéressés, nous recommandons d'indiquer, sur chaque expédition, les noms ou qualités de tous les destinataires.

LES TABLES DE RENSEIGNEMENTS
DU RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE DE PARIS.

La table de renseignements d'un bureau téléphonique est destinée à permettre à une téléphoniste de se mettre en communication avec un demandeur pour lui répondre et le renseigner dans les cas suivants :

A. — Lorsqu'une communication téléphonique ne peut aboutir (Ligne de l'abonné demandé résiliée, suspendue).

B. — Lorsque des difficultés d'exploitation se présentent lors de l'établissement de la communication demandée, ce qui correspond aux trois cas suivants :

1° (*Lignes transférées, lignes dont le jack multiplié est cerclé jaune par suite d'erreurs à l'Annuaire*). — Dans ce cas, la table de renseignements doit effectuer la mise en communication avec l'abonné demandé pourvu que ce dernier soit relié à ce même bureau.

Nota. — La surveillante du groupe qui a reçu la demande destinée à un abonné dont le jack général est cerclé jaune intervient d'abord pour faire donner suite à cette communication ; le service des renseignements n'est donné que si la surveillante est occupée.

2° (*Monocorde allumé à tort à l'arrivée*). — Cet allumage se produit notamment lorsqu'une communication est coupée par inadvertance à l'arrivée, ou que la ligne auxiliaire correspondante est prise par erreur à un groupe de départ.

Il faut éviter que l'abonné reste sans communication.

La téléphoniste dirige d'abord le monocorde vers sa surveillante ; si elle est occupée, le monocorde est connecté avec une ligne libre de la table de renseignements qui, s'il y a lieu, donnera suite à la communication téléphonique en instance.

3° (*Signal spécial de transfert, donnant 30 éclats par minute*

sans ronflement). — Ce signal est prévu, lors du transfert d'un nombre important d'abonnés à un nouveau bureau central téléphonique.

Les jacks généraux des abonnés ainsi transférés sont entourés d'un cercle de ripolin couleur blanche. La téléphoniste d'arrivée, qui a reçu un appel destiné à l'un de ces abonnés transférés, n'enfonce pas la fiche du monocorde dans le jack ripoliné blanc, mais dans un jack spécial qui envoie sur la ligne auxiliaire le signal non ronflé, désigné plus haut.

La téléphoniste de *départ* qui reçoit ce signal envoyé par un groupe d'arrivée dirige la communication vers la table de renseignements de son propre bureau. Celle-ci indiquera le nouveau numéro d'appel de l'abonné demandé. Le demandeur devra être invité à raccrocher son appareil et à faire une nouvelle demande pour le numéro d'appel indiqué, à moins que la ligne de l'abonné ne soit reliée à ce même bureau ; dans ce cas, la communication est donnée au moyen du dicorde et des jacks d'intercommunication dont il est parlé plus loin.

C. — Lorsqu'un abonné appelle directement le service des renseignements soit pour qu'on lui fasse connaître le numéro d'appel d'un abonné dont il indique le nom et l'adresse, soit afin d'obtenir ces dernières indications relatives à un abonné dont il donne le numéro d'appel.

Ces renseignements ne peuvent être fournis que par la table du bureau auquel est rattaché l'abonné demandé et seulement dans le cas où ce dernier n'a pas manifesté le désir de ne pas figurer à l'Annuaire des téléphones.

D. — Pour diriger les messages et les avis d'appel téléphoniques.

La table de renseignements indique à la téléphoniste de départ le numéro d'appel de la cabine qui doit assurer le service de la distribution.

E. — La table de renseignements assure, en outre, le service des « *abonnés absents* ». On y prend note des communications téléphoniques qui leur sont adressées en leur absence et on les leur retransmet dès leur demande. Ce service des abonnés absents est indiqué plus amplement dans le cours de la présente notice.

OUTILLAGE DE LA TABLE DE RENSEIGNEMENTS

La table de renseignements est munie en principe :

1° De jacks de renvoi permanent de lignes du multiple à la table de renseignements (lignes transférées, lignes résiliées, lignes suspendues).

Il serait désirable que les lignes de chaque catégorie soient groupées ensemble sur les panneaux et séparées des autres catégories. Les lignes transférées résiliées ou suspendues sont coupées aux têtes verticales (enlèvement des bobines thermiques ou des fusibles). La partie intérieure est reliée à la table de renseignements (au répartiteur général ou au répartiteur intermédiaire suivant le cas) au moyen de câbles de renvoi aboutissant d'un côté au répartiteur et de l'autre aux jacks correspondants de la table. (Le schéma ci-joint donne les connexions de ces jacks, fig. 1.)

2° De jacks servant à recevoir les appels faits sur les lignes spéciales de renseignements. Il est nécessaire que ces jacks soient bien distincts de ceux indiqués plus haut ; il y a même intérêt à les installer sur des réglettes spéciales.

Ils sont connectés à des jacks multiplés devant les groupes du bureau. Les jacks multiplés sont, autant que possible, munis de lampes d'occupation et doivent être groupés ensemble de façon à demander à la téléphoniste du multiple le minimum de mouvements, s'il y a lieu de faire le test. (Le schéma des connexions est le même que celui des jacks précédents.)

3° De jacks d'intercommunication.

Ces jacks ne sont autre chose que des jacks de départ qui sont utilisés pour les communications auxquelles la table de renseignements doit donner suite. Ils aboutissent au multiple à des monocordes d'un groupe d'arrivée. La table de renseignements dispose en outre un bouton de ligne de conversation avec ce groupe.

4° De dicordes avec clés d'écoute (au moins deux dicordes par position d'opératrice). Ils servent à répondre à tous les appels parvenant sur n'importe quel jack, à donner les renseignements



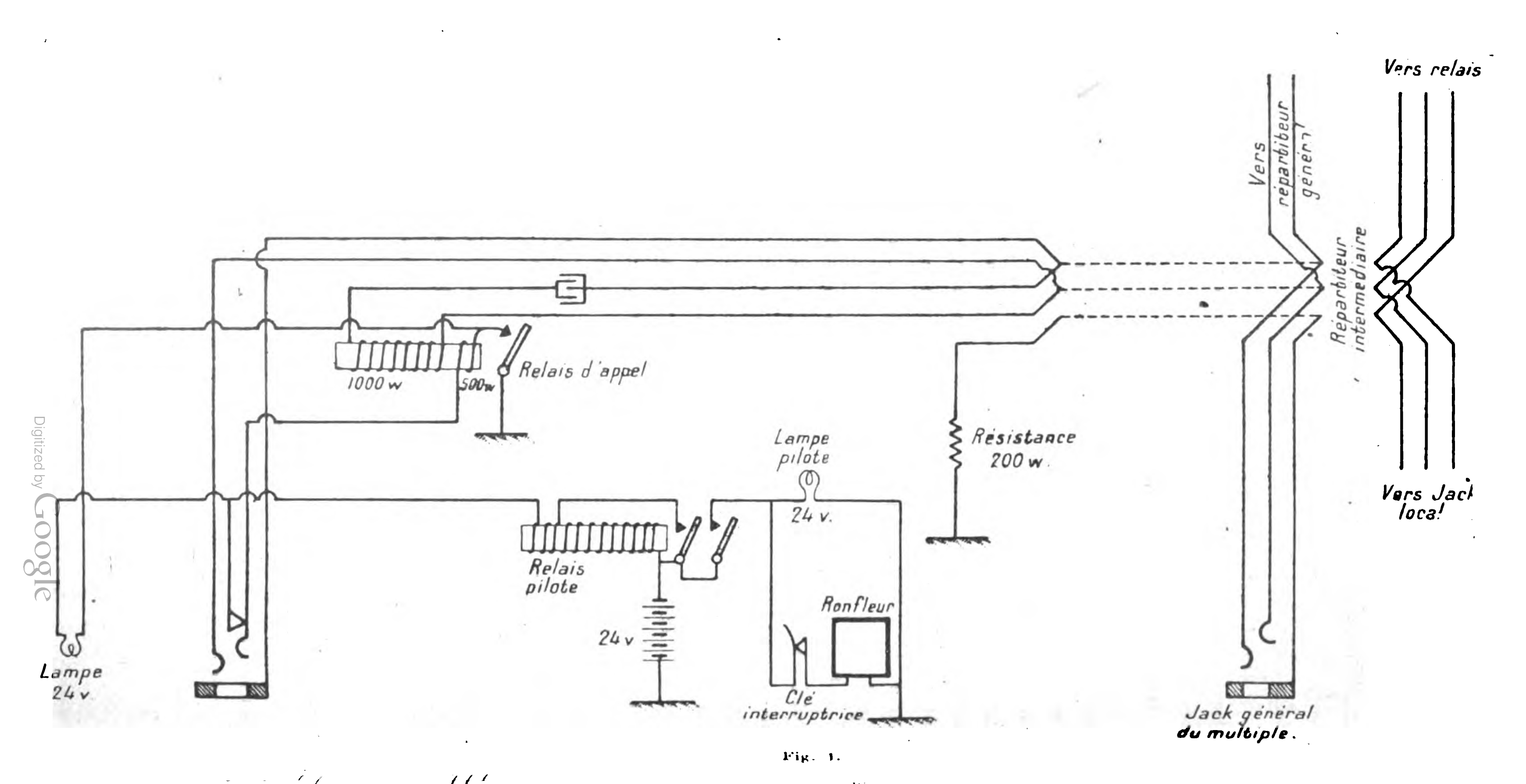

Vers relais
Vers répartiteur génér'
Répartiteur intermédiaire
Vers Jack local
Relais d'appel
1000 w
500 w
Résistance 200 w
Lampe pilote
24 v.
Relais pilote
24 v
Ronfleur
Clé interruptrice
Lampe 24 v
Jack général du multiple.

Fig. 1.

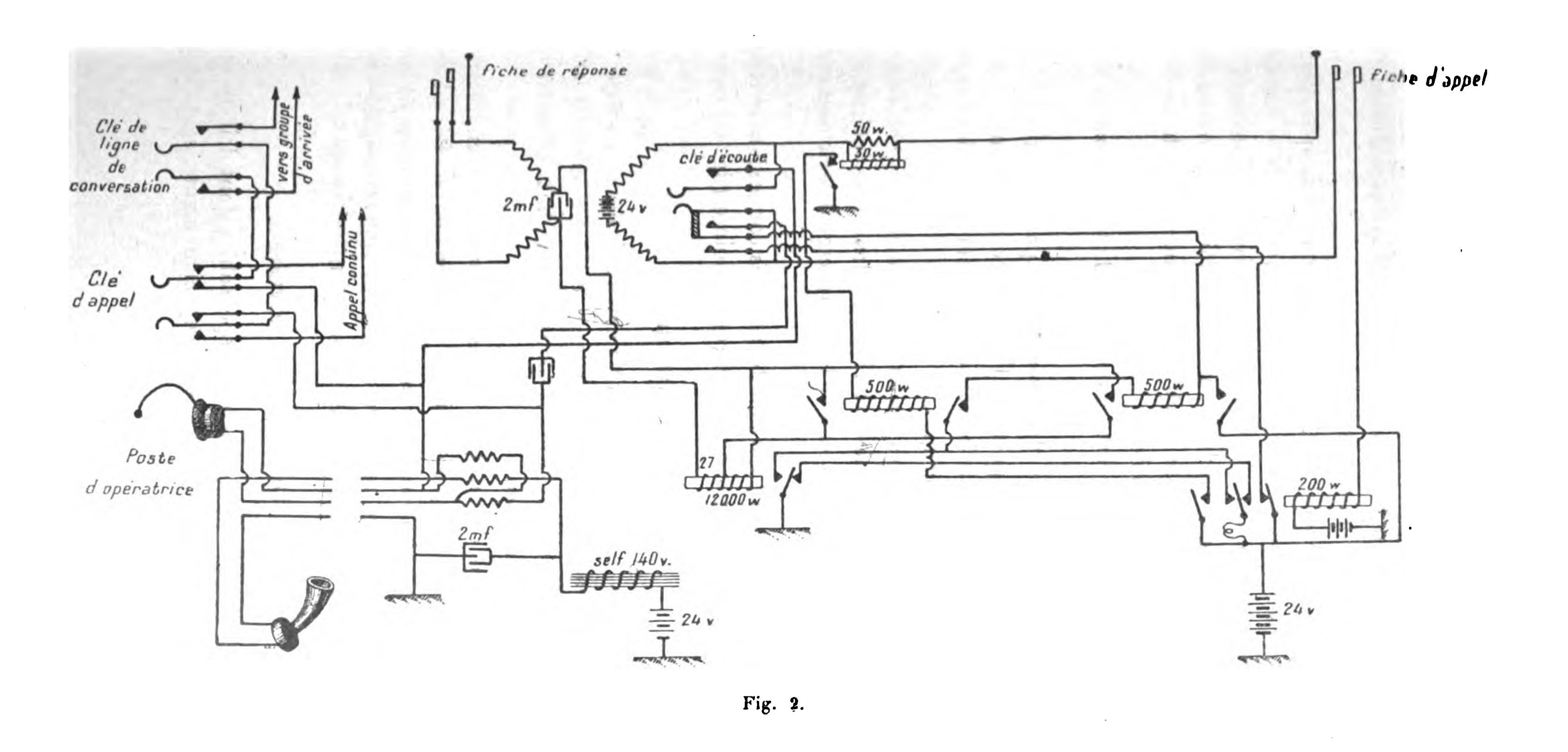

Fiche de réponse
Fiche d'appel
Clé de ligne de conversation
vers groupe d'arrivée
Clé d'appel
Appel continu
2mf
24 v
clé d'écoute
50 w.
30 w.
500 w
500 w
27
12000 w
200 w
24 v
Poste d'opératrice
2mf
self 140 v.
24 v

Fig. 2.

demandés et, s'il y a lieu, à donner suite à une communication destinée à un abonné du bureau.

Ils sont en général équipés de façon que la lampe correspondante fonctionne comme lampe d'occupation (à la manière de celle des monocordes de groupe d'arrivée) retransmettant la supervision au groupe de départ. — Parfois (et ce montage est à recommander) la lampe fonctionne comme lampe de supervision du côté abonné demandé.

Les schémas de ces deux dicordes sont indiqués par les figures ci-jointes, fig. 2 et fig. 3.

5° D'un monocorde de réserve par position communiquant directement avec le poste de l'opératrice et servant à répondre aux appels pour fournir les renseignements demandés lorsque les deux dicordes sont occupés.

6° De clés spéciales permettant de connecter sur les tables de renseignements les lignes extérieures et les lignes intérieures des abonnés dits « *Absents* » ou de les connecter directement au multiple.

Le schéma de principe adopté pour les connexions électriques de ces clés est indiqué dans la figure ci-jointe (fig. 4).

Entretien

Un agent mécanicien spécialement désigné s'occupe dans chaque bureau central téléphonique de l'entretien de la table de renseignements dont il est responsable. Il doit en vérifier régulièrement les organes.

Dans le cas où un dérangement surviendrait en dehors des vacations de l'agent mécanicien responsable, le fait est immédiatement porté à la connaissance d'un mécanicien de service qui doit sans retard remettre en état les appareils signalés défectueux et relever les dérangements de l'installation.

Documents de référence

Les documents absolument indispensables dont doit être munie chaque opératrice de la table de renseignements sont les suivants :

1° Registre des abonnés du bureau classés d'après leur numéro d'appel.

2° Registre des abonnés du bureau classés par ordre alphabétique.

3° Registre des abonnés du bureau classés d'après l'ordre alphabétique des rues de la circonscription et d'après l'ordre des numéros de leur habitation.

(Sur ces trois registres doivent être indiqués par une mention ou une annotation *très apparente* les abonnés qui ont manifesté le désir de ne pas figurer à l'Annuaire. Il y a grand intérêt à diviser chacun de ces registres en plusieurs parties afin d'en diminuer les difficultés de manipulation et d'en augmenter la durée.)

4° Liste des abonnés absents.

5° Liste des abonnés cerclés jaune pour erreurs d'Annuaire.

6° Listes des abonnés transférés par suite de transfert d'un bureau central téléphonique.

7° Registre des abonnés transférés, résiliés, et suspendus dans l'ordre des numéros des jacks auxquels sont reliés avec la table les lignes intérieures correspondantes.

8° Liste des rues de Paris avec indication du bureau télégraphique chargé de la distribution des messages téléphonés et des avis d'appel.

9° Liste verte des numéros d'appel des cabines téléphoniques publiques chargées de recevoir les messages et avis d'appel.

10° Liste rouge des abonnés ne désirant pas figurer à l'Annuaire.

11° Liste jaune des abonnés officiels du service des Postes, Télégraphes et Téléphones.

Tous ces documents doivent être soigneusement tenus à jour; les trois premiers notamment doivent porter les indications concernant les abonnés transférés, résiliés et suspendus.

Modes d'exploitation

A. — La téléphoniste de la table de renseignements doit toujours répondre au moyen de la fiche de réponse de l'un des

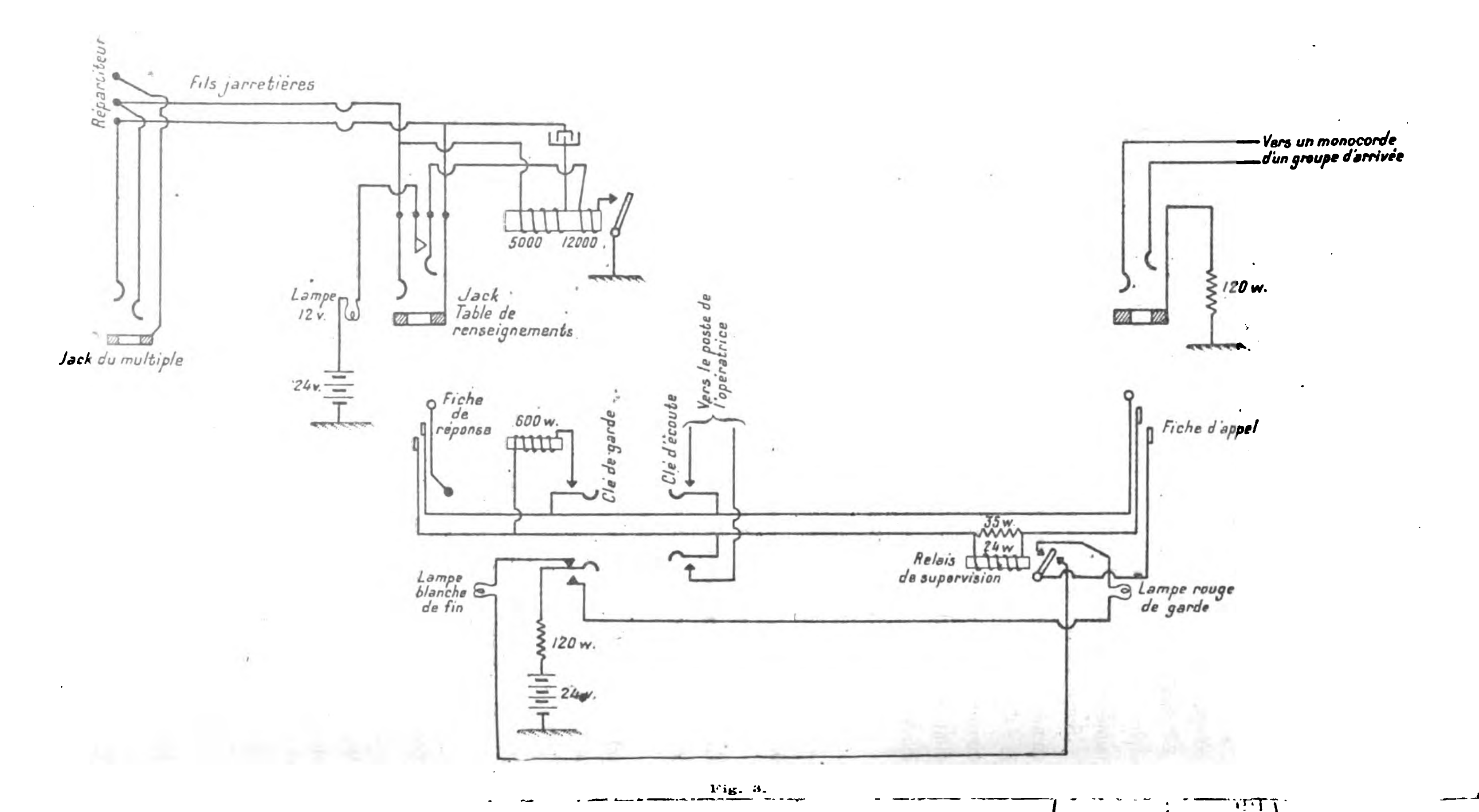

Répartiteur
Fils jarretières
Jack du multiple
Lampe 12 v.
24 v.
Jack Table de renseignements
5000
12000
Vers un monocorde d'un groupe d'arrivée
120 w.
Fiche de réponse
600 w.
Clé de garde
Clé d'écoute
Vers le poste de l'opératrice
Fiche d'appel
35 w.
24 w.
Relais de supervision
Lampe rouge de garde
Lampe blanche de fin
120 w.
24 v.

Fig. 3.

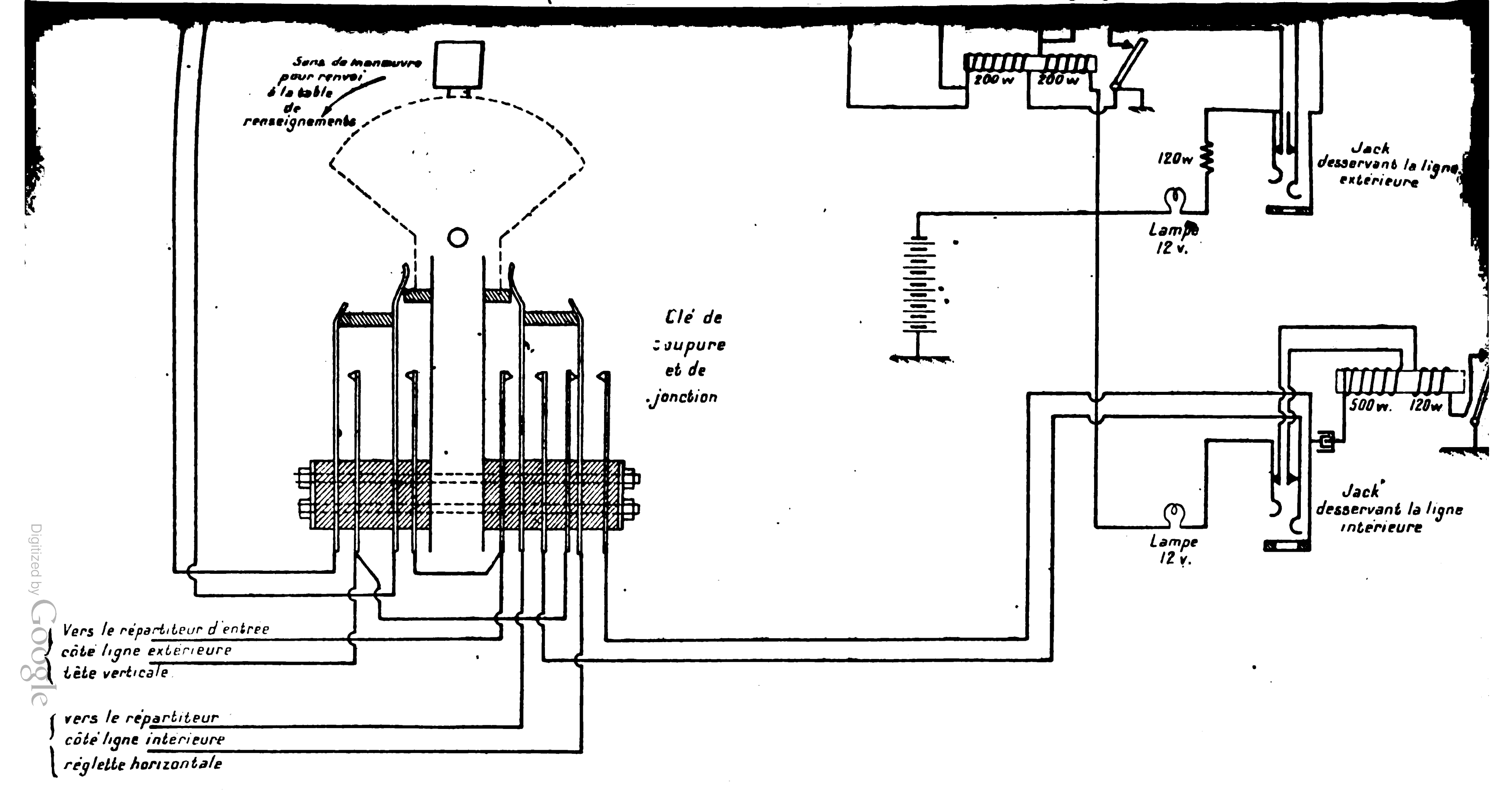

Sens de manœuvre pour renvoi à la table de renseignements
Clé de coupure et de jonction
200 w
200 w
120 w
Jack desservant la ligne extérieure
Lampe 12 v.
500 w.
120 w
Jack desservant la ligne intérieure
Lampe 12 v.
Vers le répartiteur d'entrée côté ligne extérieure tête verticale
vers le répartiteur côté ligne intérieure réglette horizontale

Fig. 4.

dicordes. Le monocorde ne doit être utilisé que lorsque les dicordes sont occupés pour l'établissement de communications.

B. — (Réponse sur les jacks correspondant aux anciens numéros des lignes résiliées, transférées ou suspendues.)

Quand la téléphoniste de la table de renseignements reçoit un appel sur ces jacks, elle doit s'assurer qu'il n'y a pas eu erreur dans l'établissement de la communication en consultant le registre des abonnés de ces catégories. Elle renseigne alors le demandeur et, dans le cas où l'abonné a été transféré à un autre bureau, lui donne le nouveau numéro d'appel et le prie d'effectuer une nouvelle demande. — Il est recommandé à la téléphoniste de ne pas s'annoncer « Ici renseignements » lorsqu'elle répond sur ces jacks (afin d'éviter d'indisposer l'abonné en cas d'erreur de numéros).

C. — (Réponse sur les jacks des lignes spéciales de renseigements multiplées sur les groupes. — Monocorde allumé à tort à l'arrivée, communication demandée avec un abonné dont le jack général est cerclé jaune, communication spécialement demandée par un abonné avec le service des renseignements.) — C'est ordinairement la surveillante qui, normalement, traite les cas de monocordes allumés à tort à l'arrivée et les demandes pour les abonnés dont le jack est cerclé jaune, mais le service des renseignements doit intervenir quand la surveillante est occupée.

La téléphoniste peut s'annoncer en répondant sur ces jacks de service. Elle donne les renseignements demandés, sauf en ce qui concerne les abonnés inscrits sur la liste rouge. S'il y a lieu, elle fait établir la communication désirée en la manière qui est indiquée ci-après.

D. — (Établissement d'une communication par l'intermédiaire de la table de renseignements.)

Lorsqu'un abonné ayant été, pour un motif quelconque, mis en rapport avec la table de renseignements, désire être mis en communication avec un abonné du même bureau, la téléphoniste de la table doit toujours faire donner suite à la demande et provoquer l'établissement de la communication. Elle presse le

bouton de la ligne de conversation qui la relie avec un groupe d'arrivée, s'annonce « Ici Renseignements » et effectue la demande du numéro d'appel. La téléphoniste du groupe d'arrivée indique un conjoncteur correspondant à l'un des jacks de départ placés sur la table de renseignements dans lequel est alors enfoncée la fiche d'appel du dicorde utilisé. La téléphoniste de la table de renseignements attend en écoute que la communication téléphonique entre les deux correspondants soit commencée. Dans le cas de non-réponse ou d'occupation du demandé, elle renseigne directement le demandeur.

La communication est coupée dès que la lampe du dicorde se rallume. Il a été dit que cette lampe agit soit comme lampe d'occupation (elle se rallume alors lorsque la communication est coupée au départ), soit comme lampe de supervision côté demandé (elle se rallume dans ce cas lorsque l'abonné demandé a raccroché son appareil). La téléphoniste de la table de renseignements doit couper la communication dès le rallumage de la lampe mais après s'être portée en écoute et avoir constaté qu'aucun des correspondants ne se trouve en ligne. Dans le premier cas la table de renseignements coupe donc après la coupure par le groupe de départ et, dans le deuxième cas, elle coupe la première.

E. — (Renseignements à fournir).

Les renseignements à fournir aux abonnés doivent être donnés d'une façon claire et précise. Il est absolument interdit de donner des indications relatives aux abonnés qui ne désirent pas figurer à l'Annuaire des téléphones.

Service des abonnés absents.

Le service des abonnés absents a été créé pour recevoir les communications téléphoniques destinées aux abonnés momentanément absents de leur domicile et pour les leur retransmettre dès leur arrivée.

Les taxes primitives ont été modifiées par la loi de finances du 29 mars 1920 et portées à 100 francs d'abonnement annuel et à 1 franc par communication.

Il y a lieu de faire souscrire un contrat spécial indiquant la taxe annuelle et la taxe par communication.

Suivant les instructions de l'administration, peut souscrire un abonnement de ce genre :

a) L'abonné qui pendant son absence momentanée désire que les communications destinées à son poste soient prises en note et qu'elles lui soient retransmises dès son arrivée.

b) Un abonné absent pendant un temps plus ou moins long qui désire que ses correspondants soient informés de sa nouvelle adresse.

c) Un abonné absent désirant que les communications qui lui sont destinées soient dirigées sur la ligne d'un autre abonné. (Il ne peut lui être donné satisfaction que si l'abonné est relié au même bureau. Dans le cas contraire, le demandeur est prévenu du numéro d'appel à demander ; il devra effectuer un nouvel appel).

d) Un abonné ayant résilié son contrat qui demande que les communications à lui destinées soient dirigées sur la ligne de son successeur commercial ou de tout autre abonné.

Comme au paragraphe c) la ligne du demandé n'est donnée directement que si cet abonné est relié au même bureau. Le demandeur devra faire un nouvel appel dans les autres cas quand les renseignements nécessaires lui auront été donnés.

e) Un abonné ayant résilié son contrat d'abonnement désirant que ses correspondants éventuels soient informés de cette résiliation et qu'il leur soit donné connaissance de son adresse exacte.

Dans les deux derniers cas, il y a lieu seulement de relier la ligne intérieure correspondant à la ligne résiliée à un jack ordinaire de la table de renseignements. Dans les premiers cas les lignes d'abonnés absents sont équipés conformément au schéma indiqué et comportent chacune une clé spéciale permettant de séparer les deux côtés (intérieur et extérieur) de la ligne et de les connecter chacun à un jack sur lequel la téléphoniste de la table des renseignements pourra répondre.

SUSPENSION PROVISOIRE DES ABONNÉS N'AYANT PAS ACQUITTÉ LEURS REDEVANCES D'ABONNEMENT.

Un certain nombre d'abonnés négligent d'acquitter les redevances d'abonnement et s'empressent de remplir cette obligation dès que leur ligne est interrompue.

Afin d'éviter de nombreuses soudures au répartiteur intermédiaire il est recommandé à cette occasion d'opérer ainsi qu'il suit lorsque l'abonné doit être coupé.

1° Enlever au répartiteur d'entrée les fusibles correspondant à la ligne d'abonné qui doit être suspendue.

2° Relier à un tiers de section de bout de meuble au moyen d'un cordon à double fiche, le jack général de l'abonné à un jack d'une réglette spéciale qui correspondra, sur la table de renseignements, à un jack de ligne suspendue.

De ce fait, un abonné ayant demandé une communication avec l'abonné suspendu pourra être renseigné par la téléphoniste de la table de renseignements que la communication ne peut avoir lieu.

Dès le paiement des redevances, la remise des fusibles au répartiteur d'entrée et l'enlèvement du cordon à double fiche en bout de meuble du multiple rétabliront les connexions normales.

Dans le cas où les redevances ne seraient pas acquittées dans un délai de quinze jours, il y aurait lieu de couper les liaisons électriques au répartiteur intermédiaire et de relier d'une façon fixe la ligne intérieure de cet abonné à un jack déterminé de la table de renseignements. Le cordon à double fiche serait enlevé au multiple en bout de meuble.

NOMBRE D'ORGANES.

Pour un multiple de 6.000 abonnés il est prudent de prévoir :

300 jacks avec signaux lumineux pour lignes d'abonnés transférés, résiliés ou suspendus.

10 jacks avec signaux lumineux servant à la table de renseignements pour recevoir les appels du multiple.

10 jacks d'intercommunication servant de jacks de départ pour

donner suite à des communications demandées par l'intermédiaire de la table de renseignements.

2 positions d'opératrice avec chacune une prise de courant, trois dicordes, un monocorde, un bouton de ligne de conversation avec le groupe d'arrivée où aboutissent les lignes d'intercommunication ainsi qu'une clé d'appel sur ligne de conversation.

Pour un multiple de 10.000 abonnés il paraît nécessaire de prévoir le nombre d'organes indiqué ci-après.

500 jacks avec signaux lumineux pour lignes d'abonnés transférés, résiliés et suspendus.

15 jacks avec signaux lumineux de lignes servant à recevoir les appels du multiple.

15 jacks d'intercommunication avec un groupe d'arrivée pour les communications demandées par la table de renseignements.

4 positions d'opératrice avec chacune une prise de courant, trois dicordes, un monocorde, un bouton de ligne de conversation et une clé d'appel sur ligne de conversation.

Les 500 jacks avec signaux lumineux d'appel sont répartis sur deux panneaux distants de façon que chacun d'eux puisse être desservi par deux opératrices. Les autres jacks de départ ou d'arrivée reliant la table de renseignements au multiple doivent être multipliés sur les panneaux de la table.

A B C
d'organisation scientifique du travail.[1]

AVANT-PROPOS DES ÉDITEURS AMÉRICAINS

Les éditeurs de l' « American Magazine » ont publié dans les numéros de mars, avril et mai 1911 une série d'articles de Frederick W. Taylor sur les Principes de l'Organisation scientifique.

A la suite de cette publication, ils ont reçu de leurs lecteurs disséminés dans tous les pays du monde, plusieurs centaines de lettres réclamant des détails complémentaires sur le moyen d'éviter tout gaspillage superflu des forces humaines.

Toutes ces correspondances ont été confiées à M. Gilbreth avec mission d'y répondre. Telle est l'origine du présent ouvrage.

D'après ce qui précède, on s'explique, tout au moins partiellement, pourquoi le livre que nous présentons aujourd'hui n'est pas un traité complet d'Organisation scientifique.

M. Gilbreth s'est toujours efforcé d'éviter aux ouvriers tout gaspillage de forces, tout excès de fatigue inutile. Disciple de Taylor, il a toujours réussi à diminuer les frais de main-d'œuvre tout en relevant simultanément les salaires.

L'auteur se fera un plaisir de répondre ultérieurement à toute question qui ne figure pas dans le présent ouvrage.

D. VAN NOSTRAND C°,
25, Park Place,
New York (U. S. A.).

PRÉFACE

En publiant l'*A B C de l'Organisation scientifique du travail*, M. Gilbreth a rempli un devoir social. La manière claire et simple qu'il a choisie pour présenter au public les éléments de la science aidera les chefs d'entreprise, les surveillants, les contre-maîtres à les appliquer à leurs affaires. Mais avant tout, l'*A B C* contribuera à chasser de l'esprit des ouvriers les idées fausses qui ont conduit certains leaders, pourtant bien intentionnés, à s'opposer à des changements profitables surtout aux salariés. Rien d'étonnant à ce que ces élus des ouvriers aient

(1) Cet article est la traduction intégrale d'un travail de M. Gilbreth intitulé *Primar of Scientific Management.*

tout d'abord regardé d'un mauvais œil la nouvelle organisation : c'était tout naturel. « La crainte est le commencement de la sagesse. » D'accord ; mais, pour être sage, il faut comprendre, et il faut avoir le courage de comprendre et de se rendre à l'évidence.

L'Organisation scientifique a pour but d'assurer un meilleur rendement pour une somme d'efforts égale ou moindre. Elle garantit à l'ouvrier ce perfectionnement, ce respect de soi-même, cette satisfaction du devoir accompli qui, dans d'autres sphères de l'activité humaine, constituent une récompense.

L'émulation et l'intérêt se substituent à l'indifférence parce que l'ouvrier est prié de donner toute sa mesure, et aussi, parce qu'en travaillant mieux, il est plus estimé et mieux payé. Dans l'Organisation scientifique, les hommes ne sont plus menés mais guidés. Au lieu de travailler à contre-cœur pour le patron, ils collaborent avec lui dans leur propre intérêt comme dans le sien ; c'est la vraie entente cordiale. Si les bénéfices que procure l'Organisation scientifique sont judicieusement distribués, l'ouvrier en obtiendra non seulement une part convenable, mais une large part, sous forme de profits qu'il retirera de la meilleure organisation du travail.

Mais pour que l'ouvrier reçoive une large part des bénéfices, sous forme d'un relèvement des salaires, d'une réduction des heures de présence, de la sécurité de son emploi, et des conditions de travail meilleures, il importe que les syndicats favorisent l'introduction de l'Organisation scientifique au lieu de s'y opposer, afin que les salariés puissent, par l'intermédiaire de leurs délégués, participer à la fixation des salaires, à la détermination des heures de travail et des conditions dans lesquelles il devra s'effectuer.

Si l'ouvrier n'est pas représenté comme nous venons de le dire, il y a lieu de craindre que ses intérêts soient mal défendus. Il ne saurait être bien représenté que par ces organisations. L'application de l'Organisation scientifique offre donc au *Travail organisé* le maximum d'avantages.

Mai 1912. Louis D. Brandeis.

CHAPITRE PREMIER

DÉFINITIONS DE CERTAINS TERMES

Organisation scientifique.

Qu'est-ce que l'Organisation scientifique?

Voici ce que dit Frederick W. Taylor :

« On a défini la science de l'organisation, la connaissance exacte de ce qu'on peut exiger des hommes et des procédés leur permettant

d'accomplir leur tâche le mieux possible avec le minimum de frais pour l'employeur (« Shop Management »); ou encore : « le but essentiel de l'organisation est d'assurer en même temps au patron et à chacun de ses employés le maximum de bien-être, de prospérité. »

« L'Organisation scientifique part de ce principe bien établi que les intérêts des uns et de l'autre ne sont qu'une seule et même chose ; que la prospérité d'un chef d'entreprise ne saurait être de longue durée si elle n'est accompagnée de la prospérité de son personnel, et *vice versa*; qu'il est possible d'accorder à l'ouvrier ce à quoi il tient le plus — un salaire élevé — et à l'employeur ce dont il ne saurait se passer, des frais de main-d'œuvre peu élevés. » (« Principles of Scientific Management », Harper and Brothers.)

Écoutons maintenant M. H. K. Hathaway :

« L'Organisation scientifique a pour but d'économiser l'énergie, les matériaux et le temps, ou en d'autres termes d'éviter le gaspillage, d'augmenter la richesse de tous, grâce à un meilleur rendement des ouvriers et des machines. Ce but demeure invariable quelle que soit l'industrie à laquelle on applique l'Organisation scientifique en étudiant chaque problème suivant les méthodes d'analyse employées dans les sciences; en établissant des principes bien définis, en élaborant des lois codifiées et non plus en se basant sur une tradition plus ou moins précise ou sur des idées empiriques. Voilà, *grosso modo*, en quoi consiste le principe fondamental de l'Organisation scientifique. »

Dans le mémoire 1115, présenté par James Mapes Dodge à l'« American Society of Mechanical Engineers » (A. S. M. E.), sous le titre : « A History of the Introduction of a System of Shop Management », on lit :

« Il ne faut pas voir dans le Système Taylor, une nouvelle méthode de payement, un procédé spécifique de tenue des livres de comptes, ni une utilisation avantageuse de l'acier. C'est simplement une tentative honnête, intelligente, faite en vue : de réaliser un contrôle absolu dans n'importe quelle sphère d'activité; de remplacer une opinion personnelle par des faits dûment enregistrés et inattaquables; de développer le plus possible l'esprit de « collaboration ». »

Théodore Roosevelt dit :

« L'Organisation scientifique est l'application à la production du principe de la protection. Elle ne se préoccupe pas de la propriété de nos ressources naturelles. Mais, dans les ateliers où elle est appliquée, elle évite la mauvaise utilisation, le gaspillage des matières premières, d'abord, en cherchant quelles sont, parmi celles-ci, les plus convenables — tel bois spécial, tel acier, tel tissu — et les moins coûteuses; ensuite en tirant le meilleur parti possible des matières à manufactu-

rer. Un motif patriotique ne ferait pas mieux que l'Organisation scientifique qui part d'un principe égoïste.

« Autre chose; le temps, la santé, la vigueur de notre peuple méritent d'être épargnés au moins autant que nos forêts, nos minéraux, notre sol. Or l'Organisation scientifique paraît faire plus pour les hommes que pour les choses. Elle étudie l'homme à l'ouvrage. Grâce à une étude patiente, elle précise lesquels des mouvements qu'il fait, des efforts qu'il déploie, conviennent le mieux pour atteindre le but poursuivi ; elle étudie la possibilité de les abréger, de les faire exécuter plus facilement par l'ouvrier.

« Lorsque la vraie « manière » a été rigoureusement déterminée, l'Organisation scientifique l'applique comme norme au travail en question ; puis elle éduque et entraîne l'ouvrier jusqu'à ce qu'il puisse atteindre cette norme. Et ainsi de suite pour tous les ouvriers et pour tous les autres emplois. C'est le rendement individuel qui, en premier lieu, est amélioré ; la capacité de production est relevée de 25, de 50 °/₀ et même davantage. Puis, c'est le rendement collectif qui est amélioré de la même manière. Lorsque toutes nos entreprises industrielles et commerciales auront été ainsi développées, l'*efficacité nationale* sera une réalité. »

M. Brandeis dit, dans son ouvrage *Scientific Management and the Railroads* (publié par l'« Engineering Magazine », New-York) :

« L'Organisation scientifique n'est autre chose qu'une préparation universelle comparable à celle qui a permis au Japon de battre la Russie. Dans l'Organisation scientifique, rien n'est laissé au hasard ; tout est, au préalable, soigneusement étudié.

« Chaque opération doit s'accomplir suivant un plan établi d'avance et des instructions précises ; à tout moment l'exécution en est contrôlée. Au lieu qu'elles soient redressées, les erreurs sont empêchées. On évite ainsi des pertes de temps considérables et des accidents. Au lieu de deviner, on calcule ; au lieu d'affirmer, on prouve. On cherche à obtenir dans l'exécution du travail, une précision comparable à celle d'un train de voyageurs arrivant juste à l'heure. »

Le professeur Roe, de Yale, dit que l'Organisation scientifique consiste en trois choses :

1° à calculer exactement la méthode suivant laquelle un travail doit s'exécuter et le temps nécessaire à l'exécution ;

2° à donner, dans ce but, des instructions détaillées ;

3° à garantir l'application des deux premières au moyen de récompenses ou de punitions.

Suivant M. Cleveland Moffat, « la base de l'Organisation scienti-

fique est, comme dans le cas de la science, la suppression radicale de toute chose superflue : pas un mouvement inutile, pas une minute perdue ».

On lit dans le n° du 5 avril 1911 de l' « Engineering and Contracting » :

« Telle que nous la concevons, l'Organisation scientifique consiste à appliquer sciemment les lois établies, à la suite d'une longue pratique, par les chefs d'entreprises prospères et, d'une façon générale, les lois scientifiques. On l'a parfois appelée : la *technique de l'Organisation*, ce qui correspond bien à son caractère scientifique. »

M. Arthur W. Page a écrit (voir *World's Work*, p. 14.049) : « Qu'est-ce que l'Organisation scientifique ? »

« Nombreux sont ceux qui ont l'impression qu'elle consiste à employer des règles à calcul, des fiches d'instructions, des machines compliquées, etc. En réalité, les procédés ne sont que la partie secondaire; l'essentiel est : 1° de se procurer des données exactes ; 2° de les appliquer sans défaillance. »

M. H. L. Gantt dit :

« Pour qu'on puisse lui appliquer l'épithète *scientifique*, un système quelconque d'organisation doit remplir les conditions suivantes :

1° Il doit permettre d'utiliser tous les renseignements qu'on possède sur le travail dont il s'agit ;

2° Il doit permettre de s'assurer que les renseignements sont convenablement utilisés ;

3° Il doit réserver des récompenses à ceux qui utilisent comme il faut ces renseignements ;

4° Il doit permettre d'acquérir de nouvelles connaissances au moyen des recherches scientifiques et prévoir des gratifications en cas de succès.

A mon avis, lorsqu'on voudra introduire un tel système, il importera de commencer par la base et de procéder lentement. »

Voici ce que dit M. W. B. Laine :

« L'Organisation scientifique est cette forme d'organisation qui :

1° décompose une opération en ses éléments et précise — grâce à l'observation, à l'étude expérimentale des unités de temps et de mouvement — quelles sont les méthodes-types, les appareils étalons à adopter, et la manière de s'en servir ;

2° fixe une tâche précise, difficile à remplir, mais exécutable néanmoins chaque jour si l'ouvrier conserve sa vigueur intellectuelle et physique ;

3° règle la consommation des matériaux et les efforts de la main-d'œuvre d'après des étalons déterminés, en confiant l'éducation de l'ouvrier à des instructeurs exercés ;

4° précise les méthodes de payement qui assureront une bonification appréciable à l'ouvrier qui a rempli convenablement sa tâche, mais réduiront le salaire de celui qui ne l'a pas remplie ;

5° assure le maximum de prospérité à l'employeur et à l'employé, en évitant le gaspillage du matériel et les efforts superflus, les pertes de temps, l'immobilisation des machines et des capitaux. »

Système Taylor.

Quelle différence y a-t-il entre l'Organisation scientifique et le Système Taylor ?

Avec ses « agents d'exécution », le Système Taylor, basé sur l'étude scientifique du temps, est le fondement de toute organisation scientifique, c'est-à-dire de toute organisation où les méthodes d'analyse, employées dans les laboratoires, sont substituées aux méthodes empiriques qui se sont transmises verbalement de génération à génération (routine).

Le Système Taylor est généralement connu sous le nom d'Organisation scientifique, bien qu'il existe divers systèmes préconisés par certains savants et qui ne se conforment pas aux lois de l'organisation découvertes par le Dr Taylor.

Pourquoi ne pas appeler l'Organisation scientifique « Système Taylor » ?

Ce genre d'organisation, basée sur les principes universellement reconnus aujourd'hui, devrait s'appeler Système Taylor. Il en serait sans doute ainsi si le Dr Taylor lui-même ne s'y était opposé.

Où trouver les meilleures explications de l'Organisation scientifique ?

L'œuvre de Taylor est longuement exposée dans ses ouvrages. Nous citerons, parmi les travaux présentés à l' « American Society of Mechanical Engineers », les mémoires suivants :

N° 647. — « A Piece Rate System », juin 1895;

N° 1003. — « Shop Management », juin 1903 ;

N° 1119. — « On the Art of Cutting Metals », décembre 1906, et en outre :

les numéros de mars, avril, mai 1911 de l' « American Magazine » : « The Principles of Scientific Management » (Harper's); « Shop Management » (Harper's).

La valeur des travaux de Taylor a été appréciée de longue date. M. Harrington Emerson, ingénieur industriel, signalait en 1903 l'importance capitale du mémoire n° 1003, intitulé : « Shop Management ». Il disait à ce propos :

« Je considère le mémoire que M. Taylor vient de nous présenter comme la plus importante communication qu'on ait jamais faite à l'« A. S. M. E. » ; c'est même un des ouvrages les plus importants qui aient été publiés aux États-Unis. »

Étude scientifique du temps.

L'étude du temps consiste à enregistrer, à analyser et à coordonner les temps élémentaires d'une opération quelconque, le plus souvent manuelle, mais parfois aussi mentale ou mécanique.

C'est une des nombreuses et remarquables inventions faites par Taylor lorsqu'il travaillait dans les « Midvale Steel Works » (Aciéries Midvale). Elle diffère du procédé de chronométrage bien connu en ce que l'étude des temps s'effectue pendant l'exécution du travail. Cette méthode a été l'objet d'injustes critiques de la part de certaines personnes bien intentionnées, mais mal renseignées, qui ont prétendu que le chronométrage d'un ouvrier au trois-centième de minute, était cruel, inhumain et aboutissait au pire esclavage qu'on ait jamais connu, tandis que, au contraire, obtenir les renseignements les plus précis sur les éléments les plus infimes qui constituent un art ou un metier, les examiner ensuite séparément, c'est tout simplement appliquer les méthodes adoptées dans toutes lès branches de la recherche scientifique.

On trouvera une description complète de l'étude du temps dans l'ouvrage de M. Sanford E. Thompson, intitulé : « Shop Management » (Harper and Brothers).

M. R. T. Dana traite également de l'étude du temps dans « Handbook of Steam Shovel Work » (The Bucyrus C°).

Étude des mouvements.

En quoi consiste l'étude des mouvements ?

Elle consiste à éliminer le gaspillage résultant de l'accomplissement de mouvements inutiles, exécutés mal à propos et inefficaces.

Le but visé consiste à trouver et à conserver un système d'exécution rigoureusement efficace.

En l'appliquant, nous avons révolutionné quantité de métiers. Il n'en existe vraisemblablement aucun dont le rendement ne puisse être doublé grâce à l'application des principes de l'étude du mouvement. Les principales *variables* qui influent sur les mouvements sont indiquées ci-après :

Variables relatives à l'ouvrier.

Anatomie.
Force musculaire.
Satisfaction.
Croyance.
Santé.
Manière de vivre.
Alimentation.
Taille.
Aptitude à gagner.
Expérience.
Fatigue.
Habitudes.
Adresse.
Tempérament.
Education professionnelle.

Variables se rapportant au milieu, à l'équipement et à l'outillage.

Dispositifs.
Vêtements.
Couleurs.
Distractions, musique, lecture, etc.
Chauffage, aération.
Éclairage.
Qualité des matériaux.
Gratifications, amendes.
Dimensions de l'objet travaillé.
Dispositifs réducteurs de fatigue.
Milieu.
Outillage.
Règlements du syndicat.
Poids de l'objet travaillé.

Variables du mouvement.

Accélération.
Automatisme.
Combinaisons avec d'autres mouvements; leur groupement.
Frais.
Direction.
Efficacité.
Calcul en livres-pieds (unités de mesures) du travail accompli.
Comment triompher de l'inertie et du moment.
Durée.
Nécessité.
Mise en place.
Vitesse.

Dans l'ouvrage intitulé *Economics* d'Arthur Twining Hadley, président de l'Université Yale, on lit que « la possibilité de payer des salaires élevés paraît dépendre plutôt de la suppression de tout gaspillage que de l'augmentation des réserves ».

La tache.

Qu'entend-on par tâche ?

On appelle « tâche » la quantité de travail possédant les qualités requises faite dans un temps donné, ou encore le temps nécessaire

pour accomplir un travail de la manière indiquée conformément à l'étude scientifique du temps. On fixe la tâche après avoir trouvé synthétiquement quelle est la méthode la plus facile, la moins fatigante et la plus économique, celle qui tient compte des retards inévitables et des moments de repos, tous dûment calculés. Leur pourcentage est rarement inférieur à 12,5 °/₀; il dépasse souvent 30 °/₀, quelquefois même il est supérieur à 50 °/₀.

On voit donc que la « tâche » n'est pas calculée d'après ce qu'un homme peut faire en forçant de vitesse pendant un court laps de temps, mais bien d'après ce qu'il peut donner sans se hâter pendant plusieurs jours consécutifs, pendant plusieurs années tout en améliorant sa santé.

La « tâche » est la somme de travail que peut fournir de façon constante et en prospérant l'ouvrier qui en sera réellement chargé.

Agents d'exécution.

Qu'entend-on par « agents d'exécution » ?

Ce sont des chefs d'atelier qui diffèrent des contremaîtres ordinaires par leurs attributions mêmes ; tandis que ceux-ci sont chargés d'un certain nombre d'ouvriers, ceux-là sont investis d'une fonction relative à la direction des ouvriers. Dans le Système Taylor, les principaux agents d'exécution sont :

a) le préposé aux ordres de travaux ;
b) le rédacteur des fiches d'instruction ;
c) le comptable du temps et des prix de revient ;
d) le chef de discipline ;
e) le chef de brigade ;
f) le chef d'allure ;
g) le chef d'entretien ;
h) le surveillant.

Ces divers agents d'exécution sont obligatoirement des spécialistes ; ils doivent pouvoir, à un moment quelconque, renseigner, aider n'importe quel ouvrier avec qui ils collaborent directement.

Un contremaître ordinaire a un si grand nombre de fonctions à remplir que la plupart du temps il laisse l'ouvrier décider lui-même comment il s'y prendra pour effectuer son travail. Il n'en est plus ainsi dans l'Organisation scientifique grâce aux agents d'exécution.

A propos des économies de toutes sortes que le principe général de la division du travail permet de réaliser, Adam Smith, dans le mémoire 1776 (*An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*), dit : « L'augmentation considérable de la somme de

travail que la division du travail permet d'obtenir pour un même nombre d'ouvriers, tient à trois causes : 1° à la plus grande dextérité de chacun des ouvriers ; 2° à l'économie du temps qu'on perd habituellement pour passer d'un genre de travail à un autre ; 3° à l'invention d'un grand nombre de machines-outils qui facilitent et abrègent le travail, qui permettent à un seul ouvrier de faire le travail de plusieurs. »

Écoutons ce que dit Charles Babbage à propos du travail intellectuel : « L'avantage de la division du travail (qu'il soit manuel ou intellectuel), c'est qu'elle nous permet d'appliquer à chaque procédé la quantité nécessaire de connaissance et d'habileté professionnelle ; qu'elle évite que nous utilisions pour faire tourner une roue (ce qui peut se faire mécaniquement à raison de 0 fr. 60 par jour), un ouvrier dont l'adresse à tremper des aiguilles lui garantit un salaire quotidien de 10 ou 12 francs ; qu'elle empêche de même que nous confiions des calculs élémentaires à un mathématicien accompli. »

CHAPITRE II

LOIS OU PRINCIPES DE L'ORGANISATION SCIENTIFIQUE

Étude du temps.

Sur quoi repose l'Organisation scientifique ?

Elle repose sur l'étude scientifique du temps. Cette étude est à la base du Système Taylor. Malgré son apparente simplicité, c'est en réalité une invention considérable car avant que Taylor ne l'eût découverte, il était absolument impossible de dire d'une façon certaine quelle somme de travail pourrait fournir un ouvrier, avant qu'il ait commencé réellement à l'exécuter. On peut considérer d'avance comme inefficace tout système d'organisation qui ne comprendra pas une étude scientifique du temps, comme l'entend Taylor. Au cours de notre carrière, nous n'avons pas rencontré un seul cas où l'étude et l'analyse du temps n'aient pas eu pour résultat de doubler au moins le rendement de l'ouvrier. Ainsi que Taylor l'a lui-même indiqué, on a surtout besoin aujourd'hui d'un manuel traitant de l'étude du temps, lequel aidera les ouvriers à gagner davantage en même temps qu'il permettra aux chefs d'entreprise de réduire les frais de main-d'œuvre. Nous espérons qu'un jour prochain viendra où les collèges collaboreront avec un bureau national, prévu à cet effet, pour rédiger cet ouvrage suivant un programme bien déterminé.

Quel est le but de l'étude du temps?

L'étude scientifique des temps élémentaires a pour but :

1° de recueillir toutes les données relatives au travail étudié que les chefs, les manœuvres, les experts techniques ont pu acquérir depuis l'époque de leur apprentissage ;

2° de se procurer des renseignements précis sur le temps nécessaire à l'accomplissement des plus petits éléments de l'opération, en vue de pouvoir choisir les éléments les plus brefs, les mouvements les plus rapides pour reconstituer la méthode-type ; de cette façon, l'ouvrier pourra recourir à une méthode rapide, toutes choses restant égales par ailleurs ;

3° de rechercher lesquels des mouvements, des temps élémentaires sont les moins fatigants afin que l'ouvrier ne se fatigue pas mal à propos à l'occasion de son travail, ni en dehors de son travail, tout en fournissant un rendement maximum ;

4° de calculer l'aptitude à un travail déterminé d'un postulant quelconque afin de pouvoir l'orienter vers la vocation pour laquelle il paraît le mieux doué.

D'après ce qui précède, on se rend compte facilement qu'il faut calculer avec précision les temps élémentaires si l'on veut que l'ouvrier et le chef d'entreprise y trouvent tous deux leur avantage.

Étalons ou types.

Pourquoi doit-on, avant toutes choses, déterminer quels seront les outils, méthodes et systèmes-types?

Laissons répondre M. Morris Llewellyn Cooke, dans son ouvrage remarquable intitulé : *Report to the Carnegie foundation for the Advancement of Teaching*. On lit, page 6 :

« Dans l'Organisation scientifique moderne, un « type » ou « étalon » est simplement la méthode perfectionnée suivant laquelle doit s'accomplir une fonction, ou encore une spécification établie avec soin pour tout instrument, tout article d'approvisionnement ou tout produit. La standardisation n'implique pas l'idée de perfection. La méthode-type n'est pas autre chose que la meilleure méthode appliquée au moment où l'étalon est déterminé. Les étalons sont susceptibles de perfectionnement ; il conviendra de les perfectionner toutes les fois que la chose sera possible n'importe où. Rien dans la standardisation n'empêche les innovations. Toutefois pour garantir les étalons contre toute modification malencontreuse, il importe de prendre quelques précautions. C'est ainsi qu'il ne faut pas changer les étalons pour le plaisir de les modifier. L'Organisation scientifique moderne

exige que le changement soit entouré des mêmes soins que l'adoption de l'étalon primitif; que, d'autre part, il soit fait par des experts aussi compétents que ceux qui avaient choisi l'étalon à modifier. Les standards établis et protégés de cette façon sont les plus efficaces de ceux connus jusqu'à ce jour. La standardisation appliquée suivant ces principes est une invitation constante à l'expérimentation et au perfectionnement. »

Comment l'adoption générale des étalons est-elle une source d'économies ?

Dans son mémoire 1003 (« Shop Management »), le Dr Taylor s'exprime ainsi :

« 284. Il est presque superflu d'insister sur la nécessité de standardiser non seulement les outils, les divers dispositifs, les accessoires utilisés dans les ateliers et dans les bureaux, mais encore les procédés adoptés pour chacune des nombreuses opérations de détail qui se répètent tous les jours. Et pourtant, nombre de chefs d'entreprise de la vieille école pensent, malgré leur compétence, que cette standardisation est non seulement inutile mais même peu souhaitable, pour la principale raison qu'il vaut mieux laisser l'ouvrier développer son individualité en lui abandonnant le choix des instruments spéciaux et des méthodes particulières qui lui conviennent le mieux. Cette opinion a un poids considérable lorsque le projet d'organisation prévoit que chaque ouvrier sera libre de travailler comme il l'entend, mais qu'il sera seul responsable des conséquences. Malheureusement, quatre-vingt-dix-neuf fois sur cent, seule la première partie de ce programme est suivie d'exécution : l'ouvrier choisit bien ses méthodes et son outillage, *mais il n'est jamais tenu strictement pour responsable*, sauf si la qualité du travail est tellement inférieure et le rendement tellement insuffisant que cela devienne presque un scandale. Dans le système d'organisation que je préconise, la standardisation rigoureuse de tous les détails et de toutes les méthodes d'exécution est non seulement désirable, mais absolument indispensable pour qu'on puisse avant tout préciser le temps qu'il faudra employer pour chaque opération et insister pour qu'elle s'exécute rigoureusement dans le temps prescrit.

« 285. Les principaux désavantages et l'insuccès rencontrés quelquefois lors de l'application de notre système proviennent principalement de ce qu'on ne veut pas prendre le temps ni la peine de standardiser les méthodes et les outillages. On obtient de meilleurs résultats avec des standards de médiocre qualité qu'avec des instruments dont certains sont excellents et les autres défectueux. Ce qu'il faut ici, c'est l'uniformité. Mieux vaut donc avoir des standards de seconde

qualité que des étalons de première, de seconde, de troisième qualité employés au hasard. Dans ce dernier cas, l'ouvrier adoptera presque toujours l'allure qui correspond à la troisième catégorie et non à l'une des deux premières. En réalité, le choix d'étalons parfaits ou sensiblement tels n'entraîne pas de grosses dépenses ni de pertes de temps très sensibles. En ce qui nous concerne, nous avons toujours réalisé des gains appréciables en recourant à des étalons pour toutes nos exploitations.

« 286. C'est au cours d'une série d'expériences sur différents aciers à outils trempant à l'air, dans le but d'adopter un étalon pour les ateliers de Bethlehem que M. White et nous-même découvrîmes le procédé White-Taylor pour le traitement de l'acier à outils, lequel procédé constitue un notable progrès sur ce qui s'était fait jusque là ; le seul fait que ce perfectionnement n'a pas été réalisé par des fabricants d'acier à outils, mais par ceux qui cherchaient des étalons à adopter, démontre à la fois la nécessité et la fécondité des recherches méthodiques et minutieuses faites en vue de fixer des détails souvent négligés. L'économie qui résulte de l'adoption de types uniformes n'est pas du tout comprise par les chefs d'entreprise de ce pays. On ne saurait choisir un meilleur exemple pour confirmer nos dires que la condition actuelle des outils tranchants employés dans tous les ateliers de construction des États-Unis. On trouverait difficilement un atelier où l'on n'emploie pas simultanément des outils d'une douzaine de qualités différentes ; dans de nombreux cas, on n'a que peu ou pas de moyens de distinguer une marque d'une autre ; et, de plus, la forme du taillant de l'outil est laissée, dans la plupart des cas, à la fantaisie de chaque ouvrier. Si l'on pense que la vitesse de coupe du meilleur acier trempant à l'air, pour une profondeur de coupe, une avance et une qualité de métal données, est, par exemple, de 18 mètres par minute, tandis que, dans des conditions identiques, la vitesse de coupe d'un outil de même forme mais fait du meilleur acier au carbone, n'est que de 3 m.60 pour le même temps, on comprend combien est méconnue la nécessité des étalons rigoureux.

Comment rédiger les fiches d'instructions destinées aux ouvriers qui ne savent ni lire ni écrire, ou encore qui ne peuvent ni comprendre, ni parler la langue de la Direction?

La difficulté peut être résolue de différentes manières.

Si le travail est long et se répète fréquemment, il convient parfois de faire intervenir un interprète qui traduira les indications portées sur la fiche. Si l'ouvrier sait lire, on peut encore imprimer ces indications dans les deux langues.

Toutes les fois qu'il ne peut en être ainsi, nous avons constaté que la présentation à l'ouvrier d'un modèle complet de l'objet à fabriquer, considéré à chacune des différentes étapes de la fabrication et lorsqu'il est terminé, pouvait fournir des indications suffisantes sur la méthode et sur le résultat recherché, susceptibles de rendre la fiche inutile.

Nous avons constaté en outre que des vues stéréoscopiques et un stéréoscope rendaient les plus grands services non seulement aux ouvriers qui ne comprennent pas la langue du pays, mais encore aux ouvriers indigènes.

Taylor dit :

« La fiche d'instructions a des usages nombreux et variés. Elle est pour le service de l'organisation ce que sont les dessins pour les ingénieurs. De même que les devis, elle variera en dimensions et en forme d'après la somme et la diversité des renseignements qu'elle est appelée à fournir. Parfois ce sera une simple feuille de carnet rédigée au crayon qu'on fera parvenir directement à l'ouvrier intéressé ; d'autres fois, ce sera un cahier tapé à la machine à écrire, laqué, solidement relié et suspendu près de l'enregistreur ou de tout autre appareil de contrôle, où l'on pourra le consulter chaque fois que cela sera nécessaire. »

Toute méthode, toute formule qui permettra à la Direction d'expliquer avec précision à l'ouvrier ce qu'on attend de lui, et qui l'aidera à exécuter son travail conformément aux principes posés par le Bureau d'études, tiendra lieu de fiche d'instructions.

Quelle que soit la forme ou la contexture de l'organe qui servira à transmettre les instructions du Bureau d'études, il est une chose certaine, c'est que plus celles-ci seront précises et explicites, meilleurs seront les résultats.

Agents d'exécution

Quand les divers agents d'exécution seront en désaccord, qui tranchera le différend ?

Chacun des agents d'exécution tranche les questions de son ressort. En cas de désaccord, c'est le chef de discipline qui se prononce sur les questions relatives à la discipline et aux sanctions éventuelles.

Dans les grandes usines, lorsque plusieurs agents d'exécution se partagent la même charge, c'est à l'agent supérieur d'exécution respectif, qu'incombe le soin de prendre une décision lorsqu'il y a conflit. Dans le cas où les agents supérieurs d'exécution seraient eux aussi en désaccord, le conflit est porté devant le sous-directeur.

Quels avantages le chef de discipline possède-t-il sur un service disciplinaire autonome ?

Le chef de discipline est un habile spécialiste qui doit sa place à une conduite et à une compétence exemplaires. Il n'a pas été nommé pour des raisons politiques quelconques comme le sont souvent les représentants aux conseils disciplinaires. Il participe à la Direction en ce sens qu'il choisit le personnel, qu'il fixe les salaires de base et qu'il propose pour un avancement les ouvriers et les contremaîtres méritants.

Au lieu de faire activer les ouvriers, les agents d'exécution ne perdent-ils pas une partie de leur temps à lire des documents ?

Les agents d'exécution du Bureau d'études consignent leurs instructions par écrit ; ils définissent notamment quelle est la méthode-type suivant laquelle il faudra exécuter le travail.

Les agents d'exécution des ateliers ne poussent pas les ouvriers. Leur rôle consiste à expliquer les instructions écrites et à s'assurer qu'elles sont suivies ponctuellement.

Puisque les fiches indiquent et décrivent les meilleures méthodes d'exécution connues jusqu'ici, il est essentiel que l'agent d'exécution les fasse appliquer à la lettre afin d'obtenir les meilleurs résultats possibles.

Comment un ouvrier peut-il servir huit maîtres ?

Ces huit chefs sont des agents d'exécution qui ont pour mission d'aider l'ouvrier à exécuter son travail exactement comme l'indiquent les fiches d'instructions. Chacun des hommes appartient ainsi à huit équipes différentes et reçoit l'aide de huit moniteurs. « Nul ne peut servir deux maitres », mais il peut accepter facilement l'aide de huit moniteurs.

Parlant de sa propre expérience du système Taylor, M. Wilfred Lewis, président de la « Tabor Manufacturing C° », disait au Congrès de Technologie, assemblé à Boston le 10 avril 1911 :

« L'accroissement prodigieux de notre production n'est pas dû exclusivement à une remarquable rapidité d'exécution, car, dans certains cas, le gain réalisé dans ce sens est plutôt minime. Il est dû en majeure partie aux agents d'exécution dont le rôle consiste à préparer le chemin que parcourt un article à travers tout l'atelier.

« La philosophie nouvelle combat le vieux principe qui déclare qu'un homme ne peut servir deux maîtres ou recevoir des ordres de plusieurs supérieurs ; elle admet au contraire qu'un ouvrier peut avoir autant de patrons qu'il a de fonctions à remplir. Pas de conflits d'au-



torité à redouter sauf si les fonctions se confondent ; même s'il s'en produit, ils seront salutaires et profitables à la Compagnie. »

Tarifs de compensation

Comment peut-on augmenter les salaires et réduire en même temps les frais de main-d'œuvre ?

En trouvant la meilleure manière d'effectuer le travail. Ceci permet à l'ouvrier d'augmenter son rendement, le tarif unitaire étant plus bas, mais le salaire global journalier étant plus élevé qu'avec le vieux système d'organisation. Supposons, par exemple, qu'avec l'ancien système un ouvrier fabrique dix pièces par jour pour un salaire de 20 fr., ce qui correspond à 2 fr. par pièce.

Supposons maintenant que, grâce à une méthode résultant de l'analyse des temps élémentaires, on puisse, en moins de temps, avec moins de fatigue, permettre à l'ouvrier de fabriquer 25 pièces payées au tarif unitaire de 1 fr. 25. Le salaire quotidien de l'ouvrier sera relevé de plus de 56 °/₀ et les frais de fabrication abaissés en même temps de plus de 37 1/2 °/₀ ; une partie de ce gain peut être consacré au payement des frais de recherches et du service d'études.

Quelles sont les différences essentielles entre les divers modes de payement ? Avantages et inconvénients de chacun d eux.

a) *Travail à la journée.* — C'est le système le plus fréquemment employé, surtout lorsque l'effectif de l'usine est peu important. L'ouvrier est payé d'après le temps pendant lequel il travaille ; il n'est pas question de la somme de travail qu'il devra fournir pour mériter son salaire quotidien.

Théoriquement ce système est excellent, mais dans la pratique il se traduit par une diminution du rendement, un relèvement des frais de main-d'œuvre et éventuellement par une réduction des salaires.

Ce système serait idéal aussi bien pour les ouvriers que pour leur patron si celui-ci pouvait savoir à combien doit s'élever équitablement le salaire à payer à chaque ouvrier. Mais ceci n'est pas facile à calculer ; il en résulte que les hommes sont payés d'après l'emploi qu'ils occupent et non d'après leur mérite, leur habileté ou leur rendement. Les ouvriers constatant que leur paye est fixée d'après leur catégorie ne tardent pas à reconnaître qu'il ne leur sert de rien d'être zélés, puisqu'en fin de compte leur salaire ne s'en ressent nullement. Il en résulte que l'activité de chacun est limitée au rendement qui garantit son maintien en place.

b) *Le vieux système des bonifications.* — Il est tombé de plus en plus en désuétude, le plus souvent parce que le montant des bonifica-

tions n'était pas calculé scientifiquement ; en définitive, il poussait les ouvriers au surmenage sans leur garantir pour cela une récompense pécuniaire proportionnée à leurs efforts et équitable. Il était aussi cause d'une mauvaise exécution et quelquefois même d'accidents qui résultaient des méthodes expéditives mais dangereuses adoptées par les ouvriers encouragés à la surproduction par l'appât d'une gratification.

c) *L'ancien travail aux pièces.* — Ce serait un système de rémunération idéal si l'on ne s'était aperçu depuis longtemps qu'il était absolument injuste pour l'ouvrier. La première difficulté consiste à fixer le tarif unitaire de façon juste et équitable. L'ouvrier est lésé pendant tout le temps qu'il apprend à exécuter son travail ; de plus, il craint que le patron n'abaisse ce tarif à partir du jour où il trouvera que ses ouvriers gagnent trop. Il en résulte une tendance générale à la flânerie qui est la pire chose dans n'importe quelle organisation.

d) *La participation aux bénéfices.* — Ce système a été imaginé en 1886 par Henry R. Towne. Il est décrit en détail dans le mémoire n° 341 présenté en 1889 à l'« American Society of Mechanical Engineers ».

e) *Le système des primes.* — Il est dû à F. A. Halsey. On en trouve une description dans le mémoire n° 499 présenté à l'« A. S. M. E. ». M. Taylor a étudié dans son mémoire n° 647 la participation aux bénéfices et le système des primes au rendement.

f) *Le travail à la tâche avec gratifications.* — Ce système a été inventé par H. L. Gantt. Il consiste à payer à l'ouvrier un salaire journalier fixe, même lorsque son rendement est inférieur au moment de l'apprentissage. Il fixe une tâche d'exécution parfaite qui vaut à l'ouvrier qui l'accomplit une gratification variable entre 30 et 100 % du salaire quotidien. Lorsque l'ouvrier dépasse cette tâche calculée scientifiquement (ou si l'exécution est supérieure), il est payé aux pièces d'après le tarif unitaire adopté pour la tâche. Ce système est à la fois simple et remarquable car il garantit un salaire journalier minimum aux moins habiles, aux apprentis, tandis qu'il applique le tarif aux pièces aux plus habiles (voir : « Work, Wages and Profits », publié par *The Engineering Magazine* et le mémoire n° 928 de l'« A. S. M. E. ».

g) *Le système des trois-tarifs avec progression.* — Dans certains cas, ce système présente de sérieux avantages ; nous avons constaté que tel était le cas notamment pendant la période d'instruction des ouvriers à qui l'on montre comment ils devront s'acquitter de leur tâche. Il consiste :

1° à payer un salaire journalier, toujours invariable, à chaque ouvrier ; c'est le *salaire de base* ;

2° à payer un salaire quotidien majoré de 10 % aux ouvriers qui suivent à la lettre les instructions consignées sur les fiches. C'est le *salaire moyen*; il sert à encourager l'ouvrier et à le pousser à se conformer rigoureusement à la méthode qui tient compte des temps unitaires, des moments de repos et des retards inévitables et que le Bureau d'études a adoptée comme étant la mieux connue, la résultante des meilleures dispositions contenues dans les diverses méthodes ayant fait leurs preuves. Le salaire moyen est abandonné dès que l'ouvrier remplit sa tâche dans les conditions fixées. Pour l'accomplissement de la tâche calculée d'après l'étude scientifique du temps, l'ouvrier reçoit une gratification qui est de 30..... 100 % supérieure au salaire de base. Ceci constitue le *tarif supérieur*; lorsqu'il a dépassé sa tâche, l'ouvrier reçoit pour l'excédent un salaire unitaire calculé sur la même base. Il est parfois préférable de payer un salaire progressif ou d'appliquer le tarif différentiel aux pièces lorsque celles-ci sont supérieures en nombre à celles qui constituent la tâche.

h) *Le tarif différentiel aux pièces.* — Il a été inventé par Taylor; comme toutes les méthodes qu'il a imaginées, celle-ci est la plus efficace des méthodes de payement. En tout cas, c'est, sans conteste, celle qui dédommage le mieux l'ouvrier de sa peine. Elle attribue des salaires élevés en cas de rendement élevé et des salaires faibles en cas d'insuffisance. Elle récompense l'ouvrier qui suit à la lettre sa fiche d'instructions, en sorte qu'il est intéressé à collaborer avec la Direction pour accomplir sa tâche à la perfection.

Le fait de payer un tarif unitaire très faible en cas d'insuccès paraît désavantager l'ouvrier; mais, il importe de punir les flâneurs en raison des « conséquences » de leur paresse; il est nécessaire d'entraîner les hommes au travail, en récompensant les efforts couronnés de succès par un salaire élevé et en abaissant le salaire des paresseux. De cette façon, un ouvrier isolé (ou une catégorie quelconque d'ouvriers) n'est pas retardé dans son propre travail par le fait que certains flâneurs n'ont pas terminé le leur en temps voulu.

Exemple. — Un maçon ne peut terminer son travail s'il n'est approvisionné à temps, et dans l'ordre voulu, de briques, de mortier, de matériel d'échafaudage, de cordeau, etc., le tout de bonne qualité et en nombre suffisant.

Les compagnons qui lui fournissent le mortier ne peuvent le transporter avant qu'il ne soit fabriqué. On ne peut gâcher le mortier avant d'avoir reçu la chaux et le sable, et ainsi de suite.

Le tarif différentiel aux pièces est le meilleur, mais il faut se garder de l'appliquer avant d'avoir perfectionné et standardisé toutes les conditions desquelles son succès dépend, c'est-à-dire l'étude du temps.

de la tâche, des moyens de contrôle en vue d'exécution, des méthodes, de l'outillage, etc. Tout en étant efficace, pour qu'il procure le maximum d'avantages, il doit être appliqué méthodiquement. Il est spécialement efficace, lorsqu'il s'applique à un travail qui doit être exécuté plusieurs jours, plusieurs années de suite.

Il est excessivement rare qu'un grand établissement industriel emploie des ouvriers tous placés sous le même régime de salaires; il convient donc de choisir le mode de rémunération suivant le caractère général de l'entreprise, que le travail se répète ou non avec une régularité suffisante pour justifier de nouvelles études du temps, de nouvelles fiches d'instructions ou divers autres facteurs en rapport avec la situation.

Dans l'ouvrage de MM. Gillette et Dana, intitulé « Cost Keeping and Management Engineering » (chapitre III), on trouve expliqués en detail divers modes de rétribution des ouvriers.

Enfin, il convient de remarquer que nombre de personnes mal informées sont adversaires déclarés de l'Organisation scientifique; elles avouent franchement qu'elles sont « opposées aux bonifications quelles qu'elles soient ». Rappelons à ce propos que, ainsi que l'a fort bien dit Ernest Hamlin Abbott, « le mode de payement est à peu près à l'Organisation scientifique ce qu'une solive est à l'ensemble d'une toiture ».

L'application, dans un même établissement, de modes de rémunération différents ne sera-t-elle pas une source de complications?

Bien au contraire; suivant les conditions dans lesquelles s'effectue le travail, il est nécessaire, pour obtenir les meilleurs résultats, d'appliquer diverses méthodes de payement. En réalité, l'existence d'une catégorie de travaux payés à la journée constitue pour le chef de discipline une excellente forme de punition, car lorsque les ouvriers ont obtenu les salaires les plus élevés en suivant les consignes qu'ils ont reçues, il leur est souverainement déplaisant d'être remis « à la journée ». Dans les ateliers de la « Link-Belt C° » qui passent pour être des mieux organisés, il existe au moins quatre systèmes de payement; à savoir :

(a) travail à la journée;
(b) travail aux pièces;
(c) travail à la tâche avec bonifications;
(d) tarif différentiel aux pièces.

De même dans les maisons suivantes : « Tabor Manufacturing C° », « Brighton Mills », « Plimpton Press », « Yale and Towne Manufacturing C° » et diverses autres administrées dans la perfection par MM. Dodge, Day et Zimmerman.



Pourquoi la collaboration n'est-elle pas supérieure au système Taylor?

Ecoutons Taylor dans le mémoire intitulé « Piece Rate System » présenté en 1895 à l'A. S. M. E.

« 73. La collaboration, ou le « partage des bénéfices », s'est présentée à l'esprit de tous ceux qui ont étudié le sujet comme l'une des solutions possibles et les plus séduisantes du problème; on peut citer, tant en Angleterre qu'en France, certaines expériences de collaboration qui ont été couronnées de succès tout au moins partiel.

« 74. Autant que je puis savoir, cependant, ces essais eurent lieu soit dans des villes peu importantes éloignées des centres manufacturiers, soit dans des industries qui, sous maints rapports, ne sont pas soumises aux conditions ordinaires de la fabrication.

« 75. Les expériences de collaboration ont échoué, (et à mon avis il en sera généralement ainsi), pour plusieurs raisons dont la première, et la plus importante, provient de ce que jusqu'à ce jour on n'a imaginé aucune forme de coopération donnant libre cours à l'ambition de chacun. L'ambition personnelle a toujours été et sera toujours un stimulant plus puissant que le souci de la prospérité générale. Les quelques fainéants déplacés, qui pratiquent la flânerie et ont leur part de bénéfices comme les autres, sont sûrs, dans le système de la collaboration, d'abaisser les meilleurs ouvriers à leur faible niveau.

« 76. La seconde raison, presque aussi forte que la précédente, réside dans l'éloignement de la récompense. L'ouvrier moyen (je ne dis pas tous les ouvriers) ne peut pas escompter un bénéfice à six mois ou un an de date. Le bon temps qu'il est certain d'avoir le jour même, en prenant les choses à son aise, a pour lui autrement d'attraits qu'un travail pénible avec une récompense possible qu'il partagera dans six mois avec d'autres.

« 77. La coopération soulève d'autres difficultés; ce sont : l'équitable répartition des bénéfices et le fait incontestable que si les ouvriers sont toujours prêts à partager les profits, ils ne peuvent ni ne veulent participer aux déficits. En outre, très souvent, il n'est ni juste ni raisonnable de les faire participer aux bénéfices ou aux déficits, car ceux-ci peuvent être dus en grande partie à des causes qui échappent entièrement à leur influence et auxquelles ils ne contribuent nullement. »

Ne s'agit-il pas en définitive de l'ancien système de travail aux pièces auquel on a donné un nouveau nom en l'enjolivant ?

En dernier ressort, toute bonification est plus ou moins un salaire aux pièces. — Même le travail à la journée rentre dans cette catégo-

rie, car le patron dit à l'ouvrier : « Je vous donnerai tant par jour. » Et si par hasard il croit qu'il n'en a pas pour son argent, il n'ajoutera rien mais il enverra simplement à l'ouvrier l'avis de sa mise à pied.

Un autre patron dira : « Je vous paye aux pièces à raison d'un franc 25 l'une » ; il est d'accord avec l'ouvrier à penser que celui-ci pourra faire chaque jour, n'importe où, de 8 à 16 pièces. Cette méthode présente un gros inconvénient qu'on n'aperçoit pas toujours immédiatement. Même dans le cas contraire, elle cause plus de préjudices qu'il n'en faut pour réduire sensiblement sa valeur; tel est notamment le cas lorsque l'ouvrier, grâce à un effort remarquable arrive à fabriquer 32 pièces par jour et que le patron réduit le tarif, sûr qu'il est de trouver de nombreux postulants qui seront enchantés de travailler pour 10 ou 20 fr. par jour. Comme le dit Taylor: réduisez à deux reprises le tarif d'un même ouvrier; il n'aura dans la suite qu'un seul souci, à savoir : calculer quel rendement il devra adopter pour se garantir contre toute diminution ultérieure. Il est bien évident que l'employé n'a aucun intérêt à redoubler d'efforts s'il n'en retire aucun avantage. D'où nécessité de fixer scientifiquement le tarif unitaire, et non par suppositions ou arbitrairement, ni même par des marchandages, et nous insistons sur ce dernier point bien que nous soyons partisan des discussions en ce qui concerne certaines questions, en particulier le salaire quotidien minimum qu'il convient de payer aux ouvriers et le nombre des heures de travail.

Qu'on nous permette une petite digression qui illustrera notre thèse. Il y a quelques années, au cours d'une visite dans une manufacture, nous avions remarqué une jeune fille qui mettait dans des boites en carton 112 grammes d'une certaine marchandise. Son travail consistait simplement à placer dans chaque boîte la même quantité du produit et à fermer le couvercle. Elle exécutait son travail de la manière la plus efficace, ou du moins paraissant telle.

Nous savions que le personnel de la manufacture était payé aux pièces ; nous proposâmes à la jeune fille de lui montrer comment elle pourrait augmenter son rendement en évitant certains mouvements inutiles. Elle parut s'intéresser à la chose et suivit attentivement notre chronomètre qui prouva que notre procédé donnait par rapport au sien un rendement bien supérieur. Elle se déclara enchantée de la remarque et nous étions nous-même satisfait de lui avoir montré comment elle pouvait facilement garnir chaque jour un plus grand nombre de boites. Elle tint compte de notre remarque pendant 10 minutes environ, c'est-à-dire jusqu'au moment où nous prîmes congé. Lorsque nous repassâmes auprès d'elle un peu plus tard, nous constatâmes qu'elle continuait de travailler suivant sa mode. Nous lui

demandâmes pourquoi elle n'adoptait pas notre manière qui donnait de meilleurs résultats. Elle nous répondit d'un air découragé : « A quoi bon ? Le patron abaisse le tarif unitaire chaque fois qu'une ouvrière gagne plus de 30 fr. par semaine. »

Dans l'Organisation scientifique ne peut-on pas abaisser également le tarif aux pièces ?

Si, de même qu'on peut tuer la poule aux œufs d'or ; mais la Direction de l'entreprise est, pour beaucoup de raisons, intéressée à ne pas réduire le tarif qu'elle a adopté. Par exemple, il est bon que la maison jouisse de la réputation de n'avoir jamais abaissé ses tarifs établis d'après l'Organisation scientifique. Si maintenant après qu'un tarif a été adopté, on reconnaît que ni un ouvrier ni un contremaître ne peut obtenir que l'ouvrier intéressé accomplisse la besogne dans le temps indiqué, il faut accorder un délai plus long. D'autre part, si le temps accordé est plus long que de raison, la Direction devra supporter les conséquences de sa faute et en rester là. D'ailleurs, il existe un moyen de se tirer d'affaire : on peut réserver au personnel ancien et vraiment méritant ce travail qui rapporte plus qu'il ne devrait.

Il faut se garder d'arrêter un tarif avant d'avoir modifié complètement la méthode d'exécution du travail. Lorsque la tâche, la méthode, le tarif ont été calculés scientifiquement (et non suivant la routine), avec l'Organisation scientifique on n'aura ni besoin ni envie de modifier ce tarif. Nous connaissons des cas où le salaire des ouvriers était supérieur à celui des contremaîtres, et néanmoins les frais de main-d'œuvre restaient peu élevés.

Quels sont les meilleurs remèdes contre la flânerie ?

Il n'en existe qu'un : savoir jusqu'où s'élève le rendement qui constitue une tâche journalière équitable et payer toujours des salaires exceptionnellement élevés sans que l'ouvrier ait à craindre une réduction des tarifs.

CHAPITRE III

APPLICATION DES LOIS DE L'ORGANISATION SCIENTIFIQUE

Champ d'application

Si l'Organisation scientifique a une telle valeur pourquoi n'est-elle pas davantage employée aujourd'hui ?

Parce qu'il y a trop peu d'ingénieurs et d'instructeurs qui soient capables de l'appliquer, et parce que tous ont plus de travail qu'ils n'en peuvent faire. Le progrès sera lent jusqu'à ce qu'on ait adopté une méthode précise pour augmenter le nombre des instructeurs.

Peut-on appliquer l'Organisation scientifique au travail de bureau c'est-à-dire au travail surtout intellectuel?

Oui; dans de nombreux cas elle a produit d'aussi bons résultats qu'en atelier ou sur le chantier.

Plusieurs fois, lorsqu'il s'agissait de travaux qui se répètent souvent, nous avons doublé le rendement d'un commis aux écritures et abrégé ses heures de bureau.

Lorsqu'un bureau fonctionne d'après l'Organisation scientifique, il en résulte toujours un relèvement des salaires, un meilleur rendement et des frais moindres.

Que se passe-t-il lorsqu'une entreprise est trop ou pas assez importante pour fonctionner avec huit agents d'exécution exactement?

Supposons-la trop peu importante; dans ce cas on pourra se servir d'un nombre d'agents moins élevé en donnant à chacun diverses attributions. Si au contraire elle est trop importante, on peut confier les mêmes attributions à plusieurs agents d'exécution, en plaçant un agent supérieur à la tête de chaque groupe d'agents chargés d'une même fonction. Avec l'ancienne forme d'organisation, un contremaître remplit les huit fonctions autant qu'il en a le temps.

On trouvera la description de l'application pratique de l'Organisation scientifique dans une série d'articles de F. A. Parkhurst publiés en 1911 dans l' « Industrial Engineering » sous le titre « Applied methods of Scientific Management », et édités plus tard par Wiley et C°.

Méthodes susceptibles de remplacer l'organisation scientifique

Pourquoi ne pas se procurer un agent d'exécution particulièrement doué et le charger de résoudre la question de l'Organisation?

En premier lieu, il n'est pas facile de trouver un agent d'exécution extraordinairement bon. A supposer qu'on l'ait trouvé, il vaut mieux, dans son propre intérêt, comme dans celui de l'employeur, qu'il soit chargé de la fonction pour laquelle il a des aptitudes particulières.

De plus, l'homme qui travaille seul ne peut pas accomplir une besogne aussi efficace que plusieurs spécialistes ensemble (fussent-ils moins brillants) lorsque chacun reste chargé de la fonction pour laquelle il est spécialement apte.

Ainsi que le dit M. Ernest Hamlin Abbott dans le « Outlook » (n° du 7 janvier 1911):

« On ne peut pas acheter et débiter l'Organisation scientifique en boîtes, mais une fois appliquée, elle produit des résultats bien supé-

rieurs à ceux que peut obtenir un « administrateur né ». Lorsqu'un homme éprouve le besoin de faire de la médecine, tant mieux s'il est un « médecin né » mais aujourd'hui ce n'est pas suffisant ; ce n'est même pas nécessaire. Ainsi pour le chef d'entreprise. »

L'ouvrier américain ne peut-il pas, aussi bien que l'ingénieur, inventer des méthodes efficaces ?

Nous répondrons à cette question en citant le mémoire n° 1010 de Carl G. Barth intitulé : « Slide Rules for the Machine Shop as a part of the Taylor System of Management. » On y lit ceci :

« Durant les trois premières semaines d'application des règles à calcul sur deux tours du plus important des ateliers, le rendement fut tel qu'à deux reprises les tours s'arrêtèrent n'ayant plus rien à faire ; le surveillant qui s'était tout d'abord demandé avec inquiétude comment il parviendrait à liquider tout le travail, se heurta à une difficulté toute différente, à savoir, comment il devait s'y prendre pour alimenter les tours. Bien que cette histoire soit rigoureusement exacte, elle semblera invraisemblable à un grand nombre de personnes; pour nous, qui savons par expérience combien est compliqué le problème qui consiste à régler le plus économiquement possible les conditions de fonctionnement d'une machine-outil, nous sommes convaincu que l'application d'une solution rigoureusement mathématique, au lieu de la solution préconisée par l'ouvrier fort de son jugement soi-disant pratique et de son expérience, fera mieux ressortir l'inanité de cette dernière méthode. »

Comment se fait-il que les ouvriers ne sachent pas à quelle allure ils doivent travailler ?

Il y a à cela plusieurs raisons :

a) Ils n'ont pas envisagé ces problèmes à la lumière de l'étude du mouvement et de l'étude du temps ;

b) Ils ne se sont pas rendu compte exactement de l'importance que présente l'exécution en temps voulu d'un élément d'une série d'opérations se complétant mutuellement ;

c) On ne leur a jamais expliqué quelle économie de temps résultait de la vue claire de l'enchainement des opérations successives et de l'élaboration puis de l'exécution par le service d'études du gros travail intellectuel qui précède obligatoirement l'exécution des travaux manuels ;

d) On a appris aux ouvriers à flâner toutes les fois que cela est possible par crainte de la mise à pied ou d'une réduction des salaires ;

e) Enfin, n'ayant pas appris à interpréter les résultats fournis par les

chronomètres lors de l'étude des éléments du travail des ouvriers les plus habiles dans des conditions typiques, ils ne savent pas à quelle allure ils doivent travailler.

Une bonne direction n'est-elle pas sensiblement aussi profitable que l'Organisation scientifique ?

Un système quelconque de direction ne constitue qu'une partie infime de l'Organisation scientifique. C'en est un élément essentiel cependant ; mais la ligne de démarcation entre le moment où la direction cesse et celui où les autres fonctions commencent, est arbitraire. Quelqu'un a prétendu que l'étude du mouvement elle-même était surtout une sorte de contrôle exercé sur le corps humain, sur les mains, les pieds, les yeux, la tête en particulier.

(Voir à ce sujet « Industrial Plants » par Charles Day, ouvrage publié en 1911 par « The Engineering Magazine ».)

N'est-ce pas la loyauté et le bon vouloir qui rendront plus efficace le travail des ouvriers ?

Ces qualités ont certainement une importance capitale lorsqu'il s'agit de la collaboration du patron avec ses ouvriers. L'Organisation scientifique suscite la bonne volonté grâce à la bonne entente, au partage des bénéfices, à l'instruction professionnelle, etc... ; l'ancienne forme d'organisation tendait parfois au même but mais par des moyens bien différents tels que : réjouissances, pique-niques pour célébrer la prospérité de la maison, comités indépendants, etc... Ceux-ci présentent un inconvénient : ils n'obtiennent par les meilleurs résultats parce qu'ils ne possèdent pas les données obtenues scientifiquement et que d'ailleurs ils ignorent lameilleure manière de les utiliser.

Préparatifs en vue de l'introduction de l'Organisation scientifique

Comment peut-on préparer l'introduction de l'Organisation scientifique ?

On peut prendre diverses mesures préparatoires. Nous citerons parmi les plus nécessaires et les plus faciles les quatre suivantes :

a) Établir partout des méthodes-types et adopter des outils-étalons;

b) Préparer des barèmes et des horaires;

c) Placer chaque homme, autant que possible, de façon telle que sa production et les frais de main-d'œuvre qu'il entraîne ressortent séparément;

d) Consigner le présent système par écrit.

(Voir : « Cost Keeping and Management Engineering » par Gillette et Dana.)



Ces améliorations rapporteront, dès le début, et rendront sensiblement plus facile la tâche de l'organisateur du rendement.

OU APPLIQUER L'ORGANISATION SCIENTIFIQUE ?

Quelle est la meilleure place où appliquer en premier lieu l'Organisation scientifique?

Il convient de l'appliquer où elle produira sur les ouvriers un effet minimum. Lorsque les modifications touchent directement les ouvriers, il est hautement désirable de choisir d'abord des cas qui permettent à ceux-là de se rendre compte qu'ils ont tout à y gagner et qui montrent objectivement à tous les ouvriers, surveillants, contremaîtres comment l'Organisation scientifique assure le relèvement des salaires en même temps que la réduction des frais de main-d'œuvre. Il convient de commencer l'application simultanément en plusieurs endroits. Par conséquent, il faut avant tout etablir des étalons partout : fiches d'instructions répondant aux méthodes-types, étude du mouvement, étude du temps, fiches, horaires, enregistrement du rendement individuel, choix et entraînement des agents d'exécution, des surveillants en particulier. Grouper toutes les connaissances spéciales que doivent posséder les agents d'exécution et veiller à ce qu'ils les possèdent réellement. Lorsqu'on devra choisir entre deux choses à exécuter en premier lieu, donner toujours la préférence à celle qui peut être réglée de façon définitive et qui est le moins sujette à faire retour vers les anciens errements lorsqu'elle fonctionnera d'après les principes de l'Organisation scientifique.

MÉTHODE D'APPLICATION DE L'ORGANISATION SCIENTIFIQUE

Lorsqu'on veut appliquer le nouveau système d'organisation ne faut-il pas nécessairement embaucher un certain nombre d'agents d'exécution?

Cela dépend des circonstances. Dans notre maison, nous avons une « brigade volante » d'agents supérieurs d'exécution, toujours prêts à mettre en route un nouveau travail. Ces hommes sont entraînés à remplir chacun une ou plusieurs fonctions, en sorte qu'ils peuvent dès leur arrivée organiser le travail suivant les principes de l'Organisation scientifique. Leur rôle consiste à aider en permanence les agents d'exécution sédentaires à préparer l'exécution du travail dans la forme voulue et à pousser la préparation aussi loin que possible. Après quoi la « brigade volante » est tenue en réserve pour d'autres missions, mais reste toujours disponible en cas d'urgence. Si l'on veut obtenir d'excellents résultats, il faut toujours prévoir lors de la mise en train d'une nouvelle affaire un nombre d'agents d'exécution supérieur à celui qui sera nécessaire lorsque l'affaire sera en route.

On voit donc que la « brigade volante » sert à deux fins également précieuses : la mise en train d'un nouveau travail et l'instruction des agents d'exécution titulaires.

Comment appliquer l'Organisation scientifique à une entreprise sans compromettre le bon fonctionnement de celle-ci ?

En commençant par l'appliquer là où les économies seront immédiates et où les modifications seront moins sensibles pour l'ensemble de l'entreprise — en l'appliquant au travail d'un seul ouvrier, puis en procédant graduellement de la même manière afin que la marche générale n'ait pas à en souffrir.

Temps nécessaire a l'installation de l'Organisation scientifique

Combien de temps faudra-t-il pour l'installer ?

Elle ne sera jamais installée complètement parce qu'elle n'a pas de limites. Le temps nécessaire à son application est variable. C'est ainsi, par exemple, qu'il a fallu plusieurs années à la « Link-Belt C° » pour organiser ses ateliers de Philadelphie, tandis qu'elle a pu appliquer le système à ses ateliers de l'ouest en quelques mois seulement.

Il faut davantage de temps là où l'organisation doit être enseignée que là où une brigade volante est prête à installer chaque service,

Lorsqu'il s'agit de travaux de construction, ceux-ci ne risquent-ils pas d'être achevés avant qu'on ait pu appliquer l'Organisation scientifique ?

L'Organisation scientifique a un champ illimité ; il est impossible de dire qu'elle est complètement installée. Dans le cas de travaux de construction, on en tire des bénéfices immédiats tels que : allure plus vive, meilleure qualité, frais de production moins élevés. Étant donné la nature même de ces travaux, il est difficile d'éviter des pertes quel que soit le type d'organisation, surtout avec l'ancien système. On peut donc réaliser de sérieuses économies en faisant appliquer les principes de l'Organisation scientifique dès le premier jour par une « brigade volante ».

Caractère pratique de l'Organisation scientifique

N'est il pas exact qu'il est difficile d'obtenir que tous les ouvriers (disons même que n'importe lequel) exécutent pendant toute une journée et chacun des jours suivants, tous les mouvements prescrits et seulement ceux-là ?

La perfection n'est pas de ce monde. Toutefois, l'économie de mouvements réalisée, par exemple, en disposant les briques de façon à ce que le maçon les prenne sans gestes inutiles, combinée à celle qui résulte du contrôle exercé par le chef d'équipe qui s'assure que

les ouvriers exécutent les seuls mouvements indispensables, brefs et efficaces, permettra d'atteindre un rendement supérieur de 100 °/₀ au rendement habituel, ou se rapprochant chaque jour davantage de cette valeur.

Comment l'ingénieur, après avoir chronométré un ouvrier durant quelques heures ou quelques jours, peut-il calculer la somme de travail qu'il pourra effectuer par la suite et, en outre, est-il sûr que l'ouvrier contrôlé n'a pas entamé sa réserve d'énergie?

Il ne pourra se prononcer qu'après des recherches laborieuses. C'est d'ailleurs pour cela qu'avant de trouver les lois relatives aux heures de repos, qui sont nécessaires pour que l'ouvrier évite tout surmenage, Taylor a chronométré les hommes pendant longtemps. Aucun ouvrier n'a jamais voulu admettre qu'il devait se reposer chaque jour pendant deux heures entières et cependant Taylor a trouvé que dans certains métiers l'ouvrier devait se reposer pendant plus de la moitié de sa journée.

But de l'Organisation scientifique

N'est-il pas vrai que dans le système Taylor, les ateliers, les bureaux, etc. sont destinés exclusivement à rapporter des bénéfices aux patrons?

Si, et ceci est également vrai avec n'importe quelle organisation. Sans les dividendes, mieux vaudrait, sans aucun doute, vendre les machines avant usure et entreprendre autre chose qui permette de récupérer les capitaux engagés avant qu'ils ne soient perdus.

Dépenses

Pour obtenir de réels résultats doit-on appliquer « intégralement » l'Organisation scientifique?

Non. Tel est le cas notamment pour les entreprises peu importantes dont le personnel est trop peu nombreux pour justifier l'application de tous les principes de l'Organisation scientifique. Une entreprise de ce genre a tout intérêt cependant à en appliquer un assez grand nombre.

Peut-on réaliser des économies dès le premier jour? Le cas s'est-il déjà produit?

Indubitablement l'Organisation scientifique appliquée permet de réaliser des économies dès le premier jour. On peut, sans aucun doute, faire des recherches scientifiques qui à la longue seront profitables, mais le rapport entre l'économie produite par l'Organisation

scientifique et les dépenses résultant de son application varie suivant les périodes et dépend de la célérité de l'application et de la nature de l'entreprise.

En ce qui concerne la nôtre, nous pourrions citer des centaines de cas où les dépenses ont été réduites sensiblement, et même réduites de moitié, aussitôt la méthode appliquée.

N'est-il pas nécessaire d'attendre plusieurs années après l'application de la méthode Taylor pour que les frais soient réduits au minimum ?

Si ; dans une affaire déjà bien organisée, il faudra peut-être deux, trois ou quatre ans pour tirer un profit maximum de l'application complète de l'Organisation scientifique. Mais ce temps sera abrégé en général, si l'on ne se heurte pas à l'opposition systématique des ignorants.

L'Organisation scientifique n'entraîne-t-elle pas des dépenses énormes de machines et d'installation ?

L'Organisation scientifique n'a pas pour but d'installer les meilleures machines malgré que celles-ci soient évidemment désirables. Le but est de tirer le meilleur parti possible de l'outillage dont on dispose.

L'Organisation scientifique a surtout en vue l'exécution du travail par les moyens dont on dispose en sorte que l'employeur et les employés en tirent le maximum de prospérité. Mais, comme elle est basée sur des recherches scientifiques, elle découvre des lois, et indique les avantages économiques de nouveaux dispositifs, de nouvelles machines. Tout en rendant l'employé plus productif et en le faisant aider par la Direction, elle laisse entrevoir des inventions en mécanique, elle en effectue même, comme elle découvre des méthodes presque évidentes. Qu'il y ait lieu de se munir ou non de nouvelles machines, de nouvelles installations, c'est chose secondaire du point de vue de l'Organisation scientifique.

Les frais occasionnés par les services de répartition ne sont-ils pas supérieurs aux économies qu'ils permettent de réaliser ?

Le Dr Taylor répond d'une manière précise à cette question dans le paragraphe 155 de son Mémoire sur la Direction des Ateliers « Shop Management », Harper and Brothers, pages 55-56).

« A première vue, la marche d'un service de répartition (aussi bien que les autres innovations) semble entraîner obligatoirement un surcroît de travail et de dépenses assez considérable et la question se pose tout naturellement de savoir si l'amélioration du rendement de l'atelier compense largement ces dépenses.

« Toutefois, on ne doit pas oublier que, sauf l'étude des temps élémentaires, il n'est guère de travail à faire dans le service de répartition qui ne s'exécute déjà dans l'atelier. La création de ce service centralise les travaux de direction et quelques autres besognes intellectuelles et les confie à quelques hommes particulièrement qualifiés et compétents dans leur partie, au lieu de les faire exécuter, comme jusqu'ici, par des artisans payés fort cher, très aptes aux travaux de leur spécialité mais peu entraînés aux travaux de bureau. »

Dans « Work, Wages and Profits » de H.-L. Gantt, on lit, page 48 : « L'étude scientifique des détails d'une organisation non basée sur la science a toujours montré qu'il était possible de réaliser les améliorations et des économies profitables aux deux parties dans une proportion que ni l'une ni l'autre n'avait même soupçonnée. »

L'étude scientifique du temps n'est-elle pas trop coûteuse pour les travaux d'importance moyenne ?

Il n'est pas nécessaire de faire porter cette étude sur un seul travail. Certaines règles appliquées aux travaux peu importants diminueront le prix de revient dès le premier jour. Un travail de moyenne importance peut profiter également de certaines règles de l'Organisation scientifique ; les fiches d'instructions établies à l'occasion des travaux effectués antérieurement peuvent servir pour les petits travaux ; c'est une grande économie.

Pourquoi alors tant de surveillants si le travail est mieux fait ?

Parce que les fiches d'instructions exigent une qualité d'exécution déterminée. Ces fiches ne précisent pas que le travail sera fait « à la satisfaction de n'importe qui ». La bonification accordée à l'ouvrier d'après l'Organisation scientifique, présuppose que le travail terminé a toutes les qualités requises.

Le surveillant contrôle de très près l'exécution du travail. C'est son devoir de relever les fautes ou les défauts de qualité avant qu'il y ait beaucoup de mal. Prenons un exemple : supposons qu'un ouvrier soit chargé de fabriquer 100 pièces du même modèle. Le surveillant regardera comment l'ouvrier fabrique la première pièce, d'après le croquis, lorsqu'elle sera terminée ; il l'examinera soigneusement pour s'assurer si l'ouvrier est à hauteur de sa tâche, s'il a bien compris ce qu'on attendait de lui et enfin si la pièce est satisfaisante à tous égards.

Il vaut mieux éviter les erreurs que d'avoir à les réparer ; c'est en tout cas plus économique.

Dans l'Organisation scientifique, le surveillant non seulement con-

trôle les ouvriers, mais encore il les aide, les renseigne directement, ce qui leur évite de recourir aux lumières des autres agents d'exécution.

Dans l'Organisation scientifique le matériel abîmé n'est-il pas la cause d'un sérieux gaspillage ?

Ainsi que nous l'avons vu, il ne se produit pas de gaspillage de ce genre parce que le surveillant prend le premier ses fonctions. Dans l'Organisation scientifique, la surveillance du travail est systématique. Point de bonification si le travail n'a pas la qualité spécifiée sur les fiches d'instructions.

Avec l'Organisation ordinaire, la méthode de surveillance est souvent inutile, parce que le contrôle s'exerce seulement après que les objets sont fabriqués. Dans l'Organisation scientifique le contrôle accompagne la fabrication. Comme le chef d'équipe touche des gratifications seulement lorsque le travail exécuté possède les qualités requises, il est intéressé à collaborer avec l'ouvrier, à s'assurer notamment si celui-ci est pourvu d'un outillage convenable et s'il travaille dans des conditions permettant d'obtenir les qualités d'exécution exigées. L'expérience a prouvé surabondamment que l'application de l'Organisation scientifique améliore invariablement la qualité de la production.

Indices d'une organisation féconde

Le plus sûr indice de la qualité d'une organisation est la différence qui existe entre les salaires habituels payés pour un travail déterminé et les frais de fabrication correspondants dans les autres établissements, d'une part, et les salaires et frais dans les ateliers en question d'autre part ; en d'autres termes, les conditions sanitaires étant aussi bonnes sinon meilleures, c'est le montant de cette différence (en plus pour les salaires, en moins pour les frais de main-d'œuvre) qui indique la qualité de l'organisation.

En supposant l'Organisation scientifique aussi bonne qu'on le prétend pourquoi les dividendes ne sont-ils pas plus élevés que dans les entreprises où elle n'est pas appliquée ?

Ils le seraient certainement si la qualité de l'organisation et son mérite étaient les facteurs décisifs des bénéfices et des dividendes. Au contraire, le génie des affaires qui pousse à acheter ce qu'il faut quand il faut et à vendre où il faut, ainsi que l'habileté à vendre et à enlever des affaires fructueuses, ont une telle importance que souvent des entreprises mal organisées rapportent d'assez beaux dividendes. D'autre part, il existe des cas où l'organisation est si bonne que des dividendes sont payés même lorsque les affaires sont mal conduites.

CHAPITRE IV

CONSÉQUENCES DE L'ORGANISATION SCIENTIFIQUE POUR LES OUVRIERS

Accidents

L'Organisation scientifique garantit-elle l'ouvrier contre les accidents ?

Non, mais certainement elle rend les accidents moins fréquents parce que les machines, les échafaudages, les locaux, etc... sont construits et entretenus en bon état, conformément aux fiches d'instructions ; ils sont vérifiés et revérifiés aussi souvent qu'il faut suivant les ordres écrits émanant de l'agent comptable ou du chef du matériel.

La production intensive n'use-t-elle pas prématurément les machines, ce qui peut occasionner une mauvaise exécution ou des accidents ?

Non, parce que l'état des machines est précisé par le service de répartition de même que la vitesse à laquelle elles doivent fonctionner. Elles sont vérifiées, nettoyées et graissées, réparées à date fixe qu'elles en aient ou non besoin. Il faut qu'elles soient maintenues en parfait état, sans quoi l'ouvrier ne pourrait atteindre les rendements qui lui valent une bonification. On voit donc que le bon entretien du matériel évite les mises hors d'usage et les accidents. Dans la pratique, les travaux d'entretien et de réparation sont confiés à un agent d'exécution entraîné spécialement en vue de ce genre de travail, qu'il effectue d'ailleurs suivant les instructions du service de répartition.

Si cet agent d'exécution touche une prime de rendement, n'est-il pas à craindre qu'il sabote son travail, causant ainsi des accidents ?

La chose est à craindre lorsque la bonification est accordée suivant l'ancien système d'organisation. Quelqu'un a dit : « La loi devrait interdire les primes au rendement en ce qui concerne la réparation des machines ; tant d'existences dépendent de la qualité des réparations que rien ne devrait faire agir avec précipitation le mécanicien chargé de les effectuer. »

Avec les anciens systèmes de primes, il devrait en être ainsi réellement. Taylor s'en était bien rendu compte, ainsi que de plusieurs autres difficultés d'organisation qu'il avait rencontrées dans la pratique, et il s'était efforcé de résoudre cette question d'une manière à la fois logique et efficace. Voici comment il s'y prenait :

1° il étudiait le problème ;

2° il le décomposait en tous ses éléments ;

3° il résolvait scientifiquement le problème qui consistait à traiter le plus complètement possible chacune des parties ;

4° avec l'aide, et d'après les avis des meilleurs techniciens et ouvriers, il constituait synthétiquement une méthode absolument nouvelle ;

5° il faisait prendre en note par écrit le nouveau procédé, afin qu'on pût toujours s'y reporter dans la suite pour profiter des avantages que procurent les renseignements relatifs au meilleur mode d'exécution connu d'un travail quelconque ;

6° il créa l'emploi de surveillant dont le rôle consiste en un contrôle constructeur et non destructeur. Il rendit obligatoire la signature, par le surveillant, d'une attestation comme quoi les réparations étaient effectuées rigoureusement comme l'exige la qualité requise pour ce genre de travaux — ni mieux, ni plus mal. Il autorisa le surveillant à s'occuper directement de l'ouvrier, à l'aider à atteindre la qualité d'exécution requise ;

7° il exigea que l'agent d'exécution signât une déclaration spéciale relative au temps employé pour achever le travail de la manière indiquée sur la fiche d'instructions, contresignée par le surveillant ;

8° il décida d'allouer une gratification à l'ouvrier qui exécuterait son travail de la manière prescrite et dans un délai déterminé, mais dans ce cas-là seulement. Le surveillant devait certifier la réalité de ces résultats.

On voit donc clairement qu'en ce qui concerne certains travaux importants tels que la réparation des locomotives, la méthode Taylor est la plus efficace pour éviter les accidents. Nous en avons fait nous-même très souvent l'expérience ; nous pensons réellement qu'il n'existe pas de méthode, à la fois aussi simple et plus pratique, pour garantir les ouvriers contre toutes blessures et tous risques d'accidents mortels.

Lorsqu'on traite du système Taylor, on se place souvent au point de vue de la réduction des frais, de l'élévation des salaires, de l'accroissement de la vitesse de construction, etc... ; lors même que ce système n'aurait pas d'autre mérite que l'élimination des horreurs et des pertes matérielles résultant des accidents mortels ou non survenus au public aussi bien qu'aux ouvriers, cela suffirait à justifier l'importance des longs travaux que Taylor et ses disciples ont exécutés pour créer leur méthode d'organisation.

QUALITÉS INTELLECTUELLES

Comptez-vous qu'un ouvrier comprendra l'organisation scientifique alors qu'il faut plusieurs années aux techniciens pour l'apprendre.

L'ouvrier ne la comprend pas et il n'est pas nécessaire qu'il la comprenne. Il suffit qu'il se rende compte du bénéfice qu'il retire de l'intervention de l'agent d'exécution qui lui enseigne à exécuter son travail de la manière la plus efficace. Il constate : qu'il est mieux traité par le chef de discipline ; que le comptable des prix de revient lui paye un salaire plus élevé, et que l'aide de tous les agents d'exécution lui est précieuse ; il n'apprendra pas toujours les théories de l'organisation scientifique, sauf dans le cas où il possède assez d'ambition pour les étudier à fond et monter en grade comme tant d'autres de ses compagnons.

On demandait un jour à un mécanicien, qui avait travaillé cinq ans dans un atelier organisé scientifiquement, s'il aimait cette méthode. Il répondit qu'il n'était pas très documenté sur cette méthode « parce que personnellement il ne s'était jamais trouvé en contact avec elle ». Il ajouta que tout ce qu'ilpouvait dire c'est qu'elle lui permettait de gagner chaque semaine un tiers en plus et que nulle part il n'avait été aussi bien traité par ses chefs.

Combien de temps faut-il pour apprendre l'Organisation scientifique ?

Il reste toujours quelque chose de nouveau à apprendre. Plus on étudie ce procédé, plus on voit qu'il reste beaucoup de choses à apprendre ; plus on est familiarisé avec cette méthode, plus vite on peut acquérir de nouvelles données sur la question.

On s'accorde à reconnaître aujourd'hui qu'une solide instruction, (de préférence une instruction technique), en même temps que la pratique d'un ou plusieurs métiers et l'étude approfondie, portant sur 4, 5 ou 6 ans, des règles pratiques d'application des lois de l'organisation scientifique permettront d'appliquer à une entreprise quelconque presque toutes les dispositions préconisées dans cette méthode. En d'autres termes, pour devenir un bon organisateur, il faut presque aussi longtemps que pour devenir habile chirurgien, avec des qualités intellectuelles identiques, avec une égale application à l'étude et une même expérience. Toutefois le chirurgien est favorisé dans ce sens qu'il a à sa disposition des documents innombrables et des établissements où il peut faire ses études. Il est regrettable qu'il n'en soit pas de même pour l'organisation. On espère cependant qu'à l'avenir les conditions seront autres et qu'on pourra abréger sensiblement le temps nécessaire pour s'initier à l'Organisation scientifique.

Cette méthode ne transforme-t-elle pas les ouvriers en machines ?

La question a été souvent posée sous cette forme, mais il semble

que ceux qui la posent ne soient pas d'accord sur ce qu'ils entendent par là. Est-ce qu'un bon boxeur, un maître d'armes adroit ou un joueur de golf célèbre sont des machines ? Chacun d'eux est parfait pour un expert en science des mouvements. Il importe moins de savoir si les ouvriers sont ou non assimilables à des machines que de savoir s'il n'est pas préférable qu'un ouvrier atteigne à la perfection grâce à la méthode préconisée par les experts qui, après avoir recueilli l'avis des professionnels les plus réputés, ont décidé que c'était celle qui convenait le mieux pour exécuter un travail donné.

Aujourd'hui, l'« expérience universelle » n'est le plus souvent que l'application de plusieurs méthodes défectueuses, et le « bon sens » n'est trop souvent que le souvenir des détails relatifs à divers procédés d'exécution inefficaces avec en même temps le souci d'éviter à l'avenir les méthodes les plus désavantageuses.

Relativement aux meilleurs procédés d'exécution connus, le but de l'Organisation scientifique est d'amener les ouvriers à agir presque comme des machines. Lorsqu'ils ont appris la *vraie manière*, ils peuvent s'en servir pour étudier toute autre méthode meilleure que leur ingéniosité est susceptible de leur suggérer.

Mais l'ouvrier est invité à s'en tenir aux méthodes-types jusqu'au jour où il y est réellement passé maître. L'expérience a montré que les procédés adoptés par les hommes éminents chargés de choisir les méthodes et de préciser la façon de les appliquer — en mettant à profit leurs aptitudes spéciales et les renseignements complets qu'ils ont pu se procurer — étaient la plupart du temps supérieurs à ceux préconisés par les ouvriers qui n'ont pas toujours les qualités voulues.

L'expérience prouve encore que les ouvriers (qu'on les assimile ou non à des machines) travaillent plus facilement et avec plus d'avantages lorsque la direction prend la peine d'organiser un service de distribution qui d'accord, avec les plus habiles d'entre eux, précise les diverses phases de l'exécution, les mouvements à exécuter dans chacune d'elles et l'effet de chacune des variables du mouvement. Lorsque l'« ouvrier » aura exécuté le travail dans la forme prescrite, il recevra un salaire exceptionnellement élevé s'il indique des procédés encore plus efficaces. Une fois sa méthode acceptée, il sera chargé de l'enseigner aux autres. S'il trouve des nouveaux procédés meilleurs que ceux du service de distribution, il sera nommé à ce service. Il pourra même s'élever plus haut ; en réalité il passera en tête s'il se révèle plus habile que ses collègues dans l'art des méthodes et appareils de mesure, car l'Organisation scientifique récompense les ouvriers d'après leur véritable valeur, et non d'après leur toupet, leur aptitude à se tirer d'affaire ou leur fatuité.

Au lieu de transformer l'ouvrier en spécialiste éminent, l'Organisation scientifique ne risque-t-elle pas de l'empêcher de devenir un « mécanicien universel » ?

Il se peut qu'il en soit ainsi, mais cela ne vaut-il pas mieux ? Lorsqu'on a tant à apprendre à propos de la simple opération qui consiste à transporter une brique de la rue à sa place définitive, ne vaut-il pas mieux que l'ouvrier connaisse sa spécialité à fond plutôt que d'avoir de vagues notions sur différents moyens de gagner sa vie ? Dans toutes les professions importantes, la spécialisation est à l'ordre du jour.

Aujourd'hui le médecin et le chirurgien ne sont plus en même temps dentistes. Sauf dans les endroits éloignés, le dentiste ne s'occupe pas de toutes les branches de l'art dentaire : il se spécialise dans l'une d'elles. Pour exécuter les travaux de mécanique dentaire, il faut un mécanicien qui aura fait des études différentes de celles du dentiste qui s'occupe exclusivement des soins de la bouche et des extractions.

Il y a tant de choses à apprendre dans un travail quelconque que l'ouvrier même spécialisé ne saurait prétendre les apprendre toutes. Dans la plupart des professions la spécialisation a pour conséquences une plus grande stabilité, une plus grande utilité et une plus grande aptitude à gagner. L'expérience a prouvé qu'il en était de même dans le commerce et dans les arts.

Pendant de nombreuses années, Taylor a étudié le travail peu compliqué qui consiste à manier la pelle ; il déclare qu'il lui reste encore beaucoup de choses à apprendre à ce sujet. Si quelqu'un se trouve diminué par une spécialisation rigoureuse, qu'il n'oublie pas qu'il possède un autre avantage : à la fin de la journée l'ouvrier spécialisé a le cerveau dispos ; il peut suivre sans fatigue les cours d'une école professionnelle où l'étude du mouvement, du temps et des règles de la standardisation « est inconnue » et où on s'efforce de démontrer, *de nuit*, que la méthode Taylor en tant que système pratique n'est pas digne de retenir l'attention, car « s'il en était autrement, on l'enseignerait dans cette école ! »

Nous pensons que la spécialisation ne diminue pas l'ouvrier au sens où certains l'entendent, mais qu'au contraire elle en fait un spécialiste remarquable.

Dans le cas où il perd sa place par la faute de l'Organisation scientifique, l'ouvrier n'est-il pas trop spécialisé pour trouver un emploi ailleurs ?

Il faut répondre par la négative, car il a appris la manière d'aborder

le travail qui lui permettra de tirer le meilleur parti possible de ses aptitudes. Il saura gagner du temps en évitant tous les mouvements inutiles, ce qui lui permettra d'égaler bientôt les autres ouvriers qui ignorent tout de l'étude des mouvements. Il aura appris les économies qui résultent de l'emploi d'une fiche d'instructions.

Si sa spécialisation a été poussée à l'extrême, il aura contracté des habitudes de travail qui lui permettront de devenir en très peu de temps un ouvrier remarquable dans la partie qu'il aura choisie.

La monotonie d'un travail tout à fait spécialisé ne risque-t-elle pas d'abrutir l'ouvrier ?

Non. Tant qu'on n'a pas travaillé d'après les principes de l'Organisation scientifique, (par conséquent tant qu'on ne se rend pas compte de ce que signifie la division du travail), il est malaisé de se faire une idée de la somme de connaissances qu'on peut acquérir dans une branche spéciale d'un métier quelconque. C'est seulement après avoir étudié pendant plusieurs années les mouvements d'un grand nombre de mécaniciens que nous nous sommes rendu compte que nous pouvions, à l'aide d'un nombre réduit de dessins, montrer à un ouvrier à poser les briques beaucoup plus rapidement et à construire un mur plus solide et de meilleur aspect que celui construit par un habile maçon travaillant d'après l'ancien système.

En outre, l'étude des mouvements a montré combien l'ancienne méthode était surannée, car aujourd'hui on peut se servir de machines pour construire les murs en briques à bien meilleur compte et sans qu'il soit besoin de remplir les joints ; ces murs sont plus vite construits ; ils sont plus solides et sèchent plus vite ; enfin, on peut, avec les mêmes méthodes, construire des voûtes, des pièces d'ornement, etc... à aussi bon compte que des murs simples élevés d'après l'ancien procédé manuel. On entrevoit des perfectionnements possibles qui paraissent sans limites. Et cependant, quoi de plus monotone que la spécialisation dans le métier de maçon ?

Il n'y a pas très longtemps, en Amérique, le maçon était en même temps tailleur de pierre, platrier, cimentier ; il en est ainsi encore aujourd'hui dans les campagnes Les exigences modernes ont divisé tous ces métiers en sorte que chacun d'eux a été subdivisé en plusieurs spécialités. Les meilleurs plâtriers et maçons (en pierres) ne peuvent plus rivaliser avec les meilleurs maçons (en briques). Le métier de plâtrier a été également subdivisé, moins encore qu'il ne le sera par la suite.

Celui qui n'est pas doué pour les travaux intellectuels trouve des emplois rêvés dans les services d'exécution. Lorsqu'il trouve que son travail est par trop monotone, il peut :

a) passer dans les services d'organisation ;

b) ou bien devenir instructeur des hommes qui. préfèrent le travail soi-disant monotone, lequel enlève tout autre souci que celui de l'accomplissement scrupuleux de sa tâche ;

c) ou enfin chercher comment il dépensera la gratification qu'il a trouvée jointe à son salaire le jour de la paye, et se rendre compte de l'effet stimulant produit par cette bonification ; car lorsque le travail à force d'être répété devient monotone, il permet à coup sûr à l'ouvrier apte à l'emploi, de réaliser un salaire maximum, parce qu'il a exécuté ce travail un si grand nombre de fois qu'il finit par le faire machinalement.

Non, l'ouvrier ne s'abrutira pas, car si son cerveau est tel que l'ouvrage ne le stimule pas au plus haut degré, alors on lui donnera de l'avancement, car dans l'Organisation scientifique chaque homme est entraîné spécialement pour occuper la plus haute place qu'il est, intellectuellement et physiquement, apte à remplir, cet entraînement étant confié aux meilleurs instructeurs qu'il est possible de se procurer.

L'homme ne se repose-t-il pas en quelque sorte en utilisant des mouvements différents et n'est-ce pas un repos pour l'esprit que d'exécuter le travail chaque fois d'une manière différente ?

D'une façon générale, l'ouvrier *ne se repose pas* en utilisant des mouvements différents. S'il se reposait de cette manière, le service d'organisation devrait en tenir compte lors de l'établissement de la fiche d'instructions. Un des exemples les plus typiques, qui confirme notre opinion, est fourni par le bureau surélevé et la chaise haute du comptable. Pour se reposer, se détendre, le comptable travaille tantôt assis, tantôt debout ; mais dans les deux cas, lorsqu'il écrit, les mouvements qu'il fait sont rigoureusement les mêmes. Le fait qu'il est moins pénible d'exécuter toujours de la même façon un travail donné est si bien reconnu qu'il arrive un moment où les doigts semblent l'exécuter seuls sous la simple impulsion du cerveau. A ce moment, on dit que l'ouvrier connaît son métier « sur le bout du doigt ». Ceci est illustré de saisissante façon par le simple geste consistant à « boutonner un bouton », geste qui, pour le débutant, paraît des plus compliqués.

L'emploi de mouvements différents entraîne chaque fois un effort supplémentaire, une nouvelle opération mentale, une décision ferme, avec le surcroît de fatigue qui en résulte fatalement. L'emploi de mouvements invariables bénéficie des avantages de l'automatisme qui souvent est moins fatigant que des mouvements moins pénibles mais toujours différents entre eux.

Le procédé démodé permettant d'acquérir de l'expérience ou du jugement ne procure-t-il pas à l'ouvrier une éducation professionnelle qu'il ne saurait acquérir autrement ?

Si. Les méthodes de l'Organisation scientifique le débarrasseront de toute la partie inutile et improductive de son expérience, en ce sens qu'elles lui enseigneront, dans un délai minimum, comment il faut apprendre la meilleure méthode. S'il commence ainsi son éducation, il se procure pour l'avenir, un bagage intellectuel et pratique qui lui permettra de se prononcer rapidement en faveur de tel procédé plus efficace et de juger sainement « les vieux procédés » lorsqu'il aura plus tard l'occasion de les rencontrer.

« Expérience passe science », dit un proverbe qui est aussi dénué de sens que cet autre : « Vous n'apprendrez pas à un vieux singe à faire la grimace ». Lorsqu'on a trouvé, étudié, vérifié la meilleure pratique, il faut la prendre comme étalon et la consigner sur les fiches d'instructions. On peut être sûr qu'elle constitue pour l'ouvrier un guide précieux, car, sans perte de temps inutile, elle renseignera, rendra plus habiles les mécaniciens l'un après l'autre.

Possibilités d'un traitement équitable

Peut-on raisonnablement admettre qu'il est équitable de chronométrer l'ouvrier le plus habile pour obliger les autres à atteindre d'aussi bons résultats que lui ?

L'Organisation scientifique n'espère pas que l'ouvrier maladroit pourra rivaliser avec le plus habile, pas plus qu'elle ne compte sur une montre qui a coûté cinq francs pour rendre les mêmes services qu'une autre payée 1.500 francs. Lorsqu'on veut fixer des étalons, il faut se baser sur le travail de l'ouvrier hors ligne, c'est-à-dire qu'ils doivent représenter 100 0/0 du rendement de l'ouvrier-type. Ensuite, on fixera une certaine marge de qualité entre le travail exécuté par l'ouvrier-type et celui de l'ouvrier chargé effectivement de l'exécution du travail.

Les ouvriers de valeur médiocre ne peuvent égaler l'ouvrier habile, mais l'analyse des conditions déterminera à quelle allure chacun d'eux devra travailler pour atteindre le rendement escompté sans inconvénients pour sa santé. Il est évident qu'il serait trop coûteux d'entreprendre l'étude du temps pour chaque ouvrier. Comparativement aux autres méthodes, celle-ci est plus économique, plus juste, plus équitable, plus efficace et plus satisfaisante.

Que deviennent aujourd'hui les hommes avec les méthodes traditionnelles d'organisation ?

Il n'est pas rare, dans l'ancien système, que ce soit le bon ouvrier, au lieu du mauvais, qui soit mis à pied. Il n'est jamais sûr du lendemain, car, règle générale, son efficacité n'a jamais été mesurée exactement. A supposer qu'on l'ait mesurée, elle a pu paraître insuffisante par suite d'une erreur de la Direction.

Il se peut encore que son travail, faisant partie d'un ensemble d'opérations, n'ait pas été parfait parce que la Direction aura négligé de lui fournir certains matériaux ; c'est ainsi que le menuisier ne peut poser un parquet s'il n'est pas muni à l'avance de clous. Le rendement de l'ouvrier qui travaille à la pelle est faible s'il n'a pas été pourvu d'un instrument qui lui permet de charger en une seule fois 10 kg de matériaux quels qu'ils soient.

« Tous ceux qui ont bien compris ces faits s'accordent pour déclarer que l'accroissement de production qui résulte de l'efficacité du travail, profite largement aux ouvriers eux-mêmes. » (« Economics » par A. Twining Hadley.)

Qu'arrive-t-il aux ouvriers maladroits dans l'Organisation scientifique ?

Avec l'Organisation scientifique il n'y a pas d'ouvriers maladroits ; ou du moins ils ne restent pas tels. On leur enseigne les meilleures méthodes connues et on les confie à des instructeurs dont le rôle consiste à les aider à devenir habiles dans leur partie.

De plus, dès qu'un ouvrier mérite un avancement, il le reçoit, et on lui enseigne comment il devra occuper sa nouvelle place, mieux payée même pendant le temps que dure son apprentissage. Il n'y a pas de maladroit parmi les ouvriers dûment instruits.

L'Organisation scientifique ne risque-t-elle pas de confier à des ouvriers inhabiles le travail des mécaniciens ?

Non, pas du moins tant qu'ils sont inhabiles. Un des caractères propres de la méthode c'est d'entrainer les hommes de façon à ce qu'ils accomplissent à la perfection le travail pour lequel ils sont doués intellectuellement et physiquement. Il n'est pas question donc de remplacer les mécaniciens ; ceci, naturellement serait désastreux pour cette catégorie d'ouvriers ; mais ils n'ont rien à craindre à ce point de vue. En réalité, l'Organisation scientifique exige dans toutes les spécialités, un degré de perfection tel que la grande difficulté consiste précisément à trouver des mécaniciens suffisamment intelligents, entrainés et habiles pour exécuter ce qu'on attend d'eux. Toutefois, contrairement à l'opinion générale, l'Organisation scientifique ne pense pas qu'un

mécanicien chargé de la conduite d'une machine doive être forcément un technicien qui pourrait aussi bien construire que conduire cette machine.

L'Organisation scientifique n'est-elle pas fatale aux ouvriers les moins productifs ?

Oui, si par là on entend les ouvriers de mauvaise volonté. De ceux-là on se débarrasse au plus vite ; il en est de même d'ailleurs dans toute organisation. Si dans une équipe, on cache intentionnellement ces mauvaises unités (qu'on ne découvre pas facilement avec les anciennes méthodes) ce sont les bons ouvriers qui les payent de leur poche. Mais alors, pourquoi ne pas mesurer les aptitudes de ces ouvriers moins productifs et les payer en conséquence et laisser les bons ouvriers complices contribuer à relever, s'ils le désirent, le salaire de leurs camarades ? Entre temps ceux-ci pourraient être perfectionnés ou chargés de travaux mieux dans leurs moyens.

Souvent un ouvrier est improductif parce qu'il est impropre au travail qu'il a choisi en raison de la lenteur qu'il apporte à exécuter une série de mouvements ou parce qu'il manque de mémoire pour suivre des instructions verbales. Ces ouvriers qui sont impropres par exemple à des besognes où l'activité visuelle joue un rôle prépondérant (comme c'est le cas pour la correction des épreuves) deviennent parfois des employés remarquables si on les charge d'autres travaux où l'oreille est chargée de transmettre les impressions au cerveau : tel est le cas pour les sténographes.

On doit dire aussi que l'Organisation scientifique permet de découvrir que le compagnon ou la collègue moins productive est réellement « une fiche carrée dans un jack rond ». Tandis que les autres méthodes s'efforcent de congédier les ouvriers médiocres, l'Organisation scientifique est la seule qui s'efforce systématiquement de procurer de l'avancement à chaque ouvrier dans la spécialité qu'il a choisie. Elle s'évertue à mettre chacun à la place où il sera le plus productif d'après ce qu'auront révélé l'étude scientifique et l'analyse minutieuse de ses dons naturels.

On pourrait écrire des volumes entiers sur les ouvriers qui se sont prononcés pour un métier auquel ils sont impropres par nature. C'est d'ailleurs cette constatation qui a conduit à guider tous les ouvriers américains à bien choisir leur vocation.

Nous pensons qu'à ce point de vue l'Organisation scientifique sera des plus utiles ; elle aidera les jeunes gens et les jeunes filles à choisir une carrière dans laquelle s'exerceront leurs aptitudes individuelles qui en feront des citoyens productifs. C'est avant qu'ils embrassent

une profession que l'Organisation scientifique s'efforce de découvrir celle qui leur convient le mieux. En réalité, dans l'Organisation scientifique le choix des ouvriers est un acte très important et on ne perd jamais de vue cette importance.

L'Organisation scientifique s'efforce en outre d'éviter le renvoi des ouvriers qui ont été étudiés et instruits partiellement. Elle fait son possible pour caser l'ouvrier là où il sera le plus utile à lui-même et à l'entreprise.

Qu'arrive-t-il à l'ouvrier médiocre ? N'est-il pas mis sur le pavé ?

Il peut lui arriver plusieurs choses :

a. Il peut être dressé de manière à devenir un ouvrier productif.

b. Son efficacité peut être développée, quelle qu'elle soit.

c. Il peut être chargé d'un travail plus conforme à ses aptitudes.

d. Il peut être employé à des travaux qui n'ont pas encore été réorganisés. Jamais l'application du système Taylor n'a été une cause de chômage.

La méthode Taylor n'a-t-elle pas pour but d'éliminer réellement les ouvriers totalement inaptes ?

Si, et il en va de même dans tout autre système d'organisation. Mais les anciennes méthodes sont déloyales en ce sens qu'elles ne recherchent pas toujours quels sont les ouvriers réellement inaptes, s'en remettant de ce soin à un contremaître ou à un autre ouvrier surchargé de besogne, mal renseigné, plein de préjugés ; au contraire dans la méthode Taylor, l'homme est dressé, changé de place s'il y a lieu, rééduqué jusqu'à ce qu'il soit chargé du travail pour lequel il est le mieux doué, puis mis à l'épreuve jusqu'à ce qu'il prouve son inaptitude absolue. Entre temps, s'il n'a pas été capable de mériter le salaire maximum, il n'en a pas moins gagné plus qu'il n'aurait pu le faire dans tout autre vieux système d'organisation.

Santé.

La méthode scientifique tient-elle compte de la prospérité physique des travailleurs ? Au contraire, ne tend-elle pas à les épuiser et à les user bien avant l'heure ?

M. C. A. E. Winslow, professeur de biologie au collège de la ville de New-York, directeur de l'Hygiène sociale au Muséum d'histoire naturelle de cette ville, a répondu longuement à ces questions dans un intéressant mémoire présenté au Congrès de Technologie à l'occasion du cinquantième anniversaire de l'octroi de la charte de l'Institut de Technologie du Massachusetts. Ce mémoire se termine sur ces mots :

« La propreté de l'usine, la propreté de l'eau potable, la qualité de l'éclairage, les mesures sanitaires et un grand nombre d'autres avantages sauteront aux yeux de l'inspecteur avisé lorsqu'il sera sur le terrain. Il pourra trouver, à ces divers points de vue, des méthodes économiques qui permettront d'améliorer notablement le rendement. »

En ce qui concerne un ouvrier quelconque, les études ont-elles été suffisamment poussées pour établir si l'Organisation scientifique lui est réellement profitable ?

Oui, et cela pour des centaines d'ouvriers. On peut s'en convaincre facilement en visitant les ateliers de la « Tabor Manufacturing C° », de la « Link-Belt C° » et de la « J. M. Dodge C° ». On peut y constater que les hommes y sont plus heureux, mieux portants, mieux payés et en meilleure disposition d'esprit que dans n'importe quelle autre usine du voisinage. C'est dans ces maisons que l'Organisation scientifique a été le plus longtemps appliquée dans sa forme la plus parfaite.

Le « Chef d'allure » ne presse-t-il pas les ouvriers au point de porter préjudice à leur santé ?

De même que le mot *tâche*, l'expression *chef d'allure* est un terme malheureux ; mais comme l'a fort bien dit M. James M. Dodge, on est réduit à s'en servir tant qu'une expression plus convenable n'aura pas été adoptée. Nous avons entendu certain jour un conférencier dire que le « chef d'allure était un homme qui conduisait des esclaves ». Il a raison si l'on appelle les *machines* des esclaves, car le chef d'allure ne dit pas aux ouvriers combien rapides doivent être leurs mouvements, mais à quelle allure leurs machines doivent fonctionner. Il ne conduit nullement les hommes. Il est leur serviteur. Lorsqu'ils sont incapables de faire travailler les machines à la vitesse prescrite sur la fiche d'instructions, le chef d'allure doit essayer de le faire lui-même, il doit enseigner la manière aux ouvriers et, dans le cas où ni eux ni lui ne réussissent, il rend compte au service d'organisation de son échec ; c'est à ce service de le renseigner et de l'aider. Aujourd'hui, dans les vieux systèmes, on croit qu'en s'emportant après les ouvriers on les fera redoubler de vitesse. Le chef d'allure peut tempêter après les machines si bon lui semble, mais il lui faut atteindre exactement la vitesse prescrite, ni plus ni moins, faute de quoi il ne reçoit aucune gratification.

Avec l'ancienne méthode d'organisation, il n'est pas rare que le contremaître furieux après la machine, congédie celui qui la sert ; le chef d'allure ne peut en faire autant. Tous les cas litigieux sont obligatoirement soumis au « chef de discipline », homme habile et

sans parti pris, qui contrôle l'ouvrier, le chef d'allure, etc. et même le surintendant si besoin est. Mais ces cas sont l'infime exception ; en règle générale, l'ouvrier moyen est surpris de se voir aussi bien traité.

En général, les patrons ont-ils besoin d'un rendement-type tel qu'il faille un chronomètre pour « sucer la dernière goutte de sang »?

Il ne s'agit pas ici de sucer le sang de l'ouvrier jusqu'à la dernière goutte ! Considéré comme appareil de mesure, le chronomètre n'a pas pour but de pousser les hommes à travailler, pas plus que le chronomètre que le médecin emploie pour compter les battements du pouls d'un malade. Il sert à préciser le temps strictement nécessaire à l'exécution d'un travail déterminé et dans quelles conditions l'ouvrier doit se reposer pour rester intellectuellement et physiquement bien portant.

Ceux mêmes qui ne comprennent rien à l'Organisation scientifique sont bien forcés d'admettre qu'il existe une vitesse (qui est la seule correcte) à laquelle l'ouvrier devra travailler et, de plus, qu'elle varie avec chacun, suivant sa naissance, son éducation, sa pratique, sa santé et sa condition.

Cette vitesse correcte n'est pas celle qu'il préférerait s'il était paresseux par nature, mais celle à laquelle il pourra travailler plusieurs jours, plusieurs mois en suivant (et même plusieurs années) lorsqu'il aura atteint l'apogée de son entraînement, et cela tout en conservant sa bonne santé et en se procurant du bien-être.

Le chronomètre doit servir à s'assurer que la fiche d'instructions, le rendement de la main-d'œuvre, les instants de repos destinés à éviter un excès de fatigue, et le salaire sont bien conformes à cette allure exacte. Grâce au chronométrage, Taylor a constaté des centaines de fois que certains travaux exigeaient que l'ouvrier se reposât une demi-journée et que pratiquement tous les métiers supposent un repos atteignant 12 1/2 pour cent d'une journée entière. C'est donc pour une journée de 8 heures, 60 minutes de repos. Nous voici bien loin du « pressurage jusqu'à la dernière goutte de sang » ; avec les anciennes méthodes, par contre, il n'était pas rare qu'un patron congédiât son ouvrier s'il venait à apprendre qu'il se reposait seulement une demi-heure.

En quoi l'usure prématurée d'un ouvrier est-elle dommageable au patron ?

Pour former convenablement un ouvrier il faut du temps et de l'argent ; à ce point de vue les anciens ouvriers sont généralement préférables aux nouveaux.

Initiative

Pourquoi l'Organisation scientifique se substitue-t-elle à l'ouvrier ingénieux ?

Elle n'a aucune raison d'agir ainsi. Elle ne supplante pas l'ouvrier ingénieux ; au contraire, elle prévoit un service d'organisation équipé spécialement pour l'aider à conserver, à développer systématiquement son esprit inventif. Ce service étudie tous les problèmes relatifs aux méthodes de perfectionnement et aux situations spéciales ; il examine sur une base commerciale les services de l'ouvrier ingénieux et des inventeurs, et dispose de méthodes et d'appareils de mesures qui lui permettront de mesurer mathématiquement l'efficacité des méthodes nouvelles comparées aux anciennes.

L'organisation ne paralyse-t-elle pas l'initiative et les idées fécondes des employés ingénieux, en obligeant ceux-ci à suivre rigoureusement les instructions des fiches ?

Non. Au contraire, des emplois spéciaux sont réservés aux hommes que leur culture et leur valeur professionnelle rendent aptes à formuler des propositions nombreuses et intéressantes au point de vue du rendement.

L'Organisation scientifique sait reconnaître et récompenser les propositions ingénieuses du personnel. Non seulement elle a créé un service qui recherche les améliorations, les encourage et les fait appliquer, mais elle a prévu un système de primes qui récompense les chercheurs heureux n'appartenant pas au service même d'organisation.

Le profane ne reconnaît pas facilement que l'on n'a que faire des inventions, des améliorations préconisées par l'employé *avant* qu'il ait fait ses preuves d'après les méthodes-types et les instructions des fiches dont l'efficacité n'est plus à démontrer.

Pour qu'il soit admis à présenter ses améliorations, il faut d'abord que l'ouvrier ait prouvé qu'il connaît à fond la méthode-type et qu'il est capable d'exécuter un travail de la manière prescrite, dans le délai fixé et avec la qualité d'exécution requise. Ayant ainsi fait ses preuves, il est à même de savoir si la méthode qu'il préconise constitue réellement, ou non, un progrès.

L'Organisation scientifique utilise les méthodes les meilleures, imaginées par les mieux qualifiés pour inventer et faire appliquer de nouveaux procédés. Elle protège, seconde et encourage les employés ingénieux de façon spéciale.

La standardisation n'est-elle pas la négation de tout perfectionnement, de tout progrès ?

Au contraire, la standardisation procure une ligne de base d'où l'on peut partir pour mesurer le rendement de la main-d'œuvre. Étant donné que la valeur de l'Organisation scientifique repose avant tout sur l'étude du temps, il faut donc faire soigneusement cette étude. Elle est longue et coûteuse. Moins les *types* sont nombreux, moins longue sera l'étude du temps. Par conséquent, si l'on se propose d'obtenir les meilleurs résultats possibles, il vaut mieux adopter un petit nombre de types bien choisis qu'un grand nombre de types imparfaits choisis à la légère.

La standardisation permet aux employés de rechercher des types meilleurs, elle les encourage à le faire sans cesse, non seulement pour la joie que procure la réussite, mais par l'attrait d'une récompense pécuniaire. L'expérience a prouvé que lorsqu'elle fait appel à la standardisation l'Organisation scientifique atteint des résultats plus brillants qu'avec tout autre système.

Lorsqu'un ouvrier est payé tant par jour et non d'après son rendement de qualité déterminée, il est peu enclin à rechercher de nouveaux procédés susceptibles d'améliorer son efficacité ou sa productivité. D'autre part, dans l'Organisation scientifique, il est payé suivant cette productivité ; il a donc tout intérêt à l'accroître, en inventant des procédés nouveaux et meilleurs et en conservant une bonne santé qui facilitera l'accomplissement de sa tâche.

Comment l'ouvrier qui propose une amélioration est-il récompensé ?

Il existe plusieurs façons de récompenser un ouvrier dont la proposition a été retenue : tantôt c'est une prime en espèces ; tantôt une nomination à l'emploi d'instructeur ou de chef d'équipe ; tantôt le payement d'une prime équivalente aux économies qui résultent de l'application du nouveau procédé pendant un laps de temps déterminé ; ou enfin, une combinaison des récompenses ci-dessus, avec, en outre, pour l'ouvrier, le droit de donner son nom au nouvel outil (ou à la méthode) qu'il a inventé.

Instruction

Les ouvriers ne manifestent-ils pas une aversion pour les instructeurs étrangers ?

Il en est ainsi quelquefois au début, mais en général ils accueillent bien les renseignements supplémentaires relatifs à leur travail, quelle que soit leur source.

D'ailleurs, la plus grande majorité des instructeurs se recrute parmi les ouvriers eux-mêmes. Le supplément de salaire payé aux ouvriers les encourage à apprendre tout en gagnant davantage et à se classer ainsi parmi les plus qualifiés pour occuper l'emploi d'instructeur.

Est-ce que les ouvriers ne pensent pas qu' « a priori ils savent tout ce qu'ils ont besoin de savoir » ?

Nombreux sont les mécaniciens qui sont d'avis que les meilleurs, dans leur partie, savent tout ce qui vaut la peine d'être appris ; toutefois, une étude de la colonne des frais de revient (et de divers autres documents relatifs à la mesure du rendement) ne tarde pas à leur démontrer que « la façon dont ils s'y sont toujours pris » est généralement perfectible.

Les ouvriers profitent-ils réellement de l'instruction qui leur est donnée? Le bénéfice ne serait-il pas plutôt pour le patron?

Mr William Dana Orcutt dit dans « Re-teaching » :

« L'ouvrier ambitieux cherchait autrefois à se perfectionner en suivant des cours du soir, ou autrement, c'est-à-dire en prenant sur une partie du temps nécessaire à son repos ou à son délassement. L'Organisation scientifique lui procure les mêmes facilités, grâce aux instructeurs qui l'assistent dans son travail courant ; c'est aux frais du patron qu'il parfait son éducation professionnelle, source de salaires plus élevés. »

Quel intérêt le moniteur a-t-il à s'assurer que les ouvriers sont convenablement formés?

L'avancement de l'instructeur dépend des résultats qu'il obtient avec les ouvriers qu'on lui a confiés.

Il touche une bonification chaque fois qu'un de ses élèves en touche une: il reçoit également une nouvelle prime ou une double prime quand tous les ouvriers de son équipe reçoivent chacun une bonification.

L'Organisation scientifique n'abandonne-t-elle pas toute idée du « salaire à la journée » et n'est-ce pas un inconvénient sérieux pour les ouvriers?

Elle abandonne en effet cette idée d'un autre âge, spécialement dans ce qu'elle présente de ruineux. Elle supprime l'instruction verbale de l'apprenti par le journalier qui n'a pas la moindre notion de pédagogie. Elle cesse d'exploiter l'apprenti pendant un certain nombre d'années, précisément parce qu'il est apprenti. Elle paye l'apprenti d'après la qualité et la quantité de son travail, au lieu de lui accorder simplement le salaire d'un enfant lorsqu'il travaille comme un adulte.

Elle abandonne la pratique infamante et trop répandue qui limite l'âge auquel l'apprenti commence à apprendre réellement son métier. Elle se refuse à reconnaître par exemple qu'un jeune homme ne doit pas commencer à poser des briques s'il a plus de 18 ans et qu'il ne devra rien faire d'autre jusqu'à 21 ans quelle que soit son habileté. Elle se refuse à accorder un régime de faveur à tel jeune homme sous prétexte que son père exerçait le métier auquel il se destine.

Au lieu de cela, elle traite l'apprenti de manière équitable et lui enseigne son métier en utilisant les méthodes les plus efficaces. Elle lui permet de se former plus rapidement, d'apprendre son métier à fond, d'apprendre à appliquer la meilleure méthode scientifique. Elle prévoit des instructeurs parfaitement qualifiés pour parfaire l'instruction des meilleurs ouvriers mêmes. Elle met à la disposition des ouvriers, comme un instrument qui permettra d'augmenter leurs salaires, toutes les données techniques qu'une analyse minutieuse et des recherches ininterrompues ont permis de découvrir, de centraliser et de conserver.

Le payement d'une prime à l'agent d'exécution ne l'incite-t-il pas à aider les meilleurs ouvriers et à laisser les moins habiles se tirer seuls d'affaires ?

Il doit aider également les ouvriers inhabiles, sans quoi il ne toucherait pas la seconde prime, puisque l'ensemble de la besogne est exécutable par n'importe quel ouvrier opiniâtre. Comme les résultats obtenus par les équipes des agents d'exécution sont soumis au contrôle du surintendant, n'importe lequel parmi ces derniers qui ne formerait pas *tous* ses hommes pour les mettre à hauteur de leur tâche, serait bientôt remercié.

Loisirs ou repos.

En supposant que les ouvriers flânent, où est le mal ? — Est-ce que cela ne les repose pas ?

Les ouvriers ont besoin d'un certain repos ; c'est absolument nécessaire dans l'intérêt de leur santé. Dans l'Organisation scientifique, la quantité de repos est calculée scientifiquement et non arbitrairement. On oblige les hommes à se reposer. Dans notre propre usine, nous avons fait l'expérience que des moments de repos pris régulièrement et obligatoirement, réduisaient les frais de main-d'œuvre. La flânerie tend à faire croire qu'il y a rendement alors qu'il n'en est rien. C'est la pire duperie. Il arrive que, pour donner l'illusion qu'ils travaillent à plein, les flâneurs dépensent autant d'énergie que s'ils produisaient réellement. La flânerie se traduit par un abaissement des salaires et

par un ralentissement général des affaires dommageable à la communauté.

La vie, la liberté et la recherche du bonheur.

L'Organisation scientifique ne porte-t-elle pas atteinte à la liberté individuelle ?

Si l'on entend par liberté individuelle le privilège pour chacun d'exécuter le travail à sa fantaisie, suivant une méthode particulière et sans souci de la qualité d'exécution requise, il faut répondre sans hésiter : *oui*. — Mais à tout autre point de vue, la réponse est : *non*. L'absence de souci d'une mise à pied possible, la protection et le traitement équitable dont il est l'objet, lui donnent une liberté beaucoup plus grande que dans tout autre système d'organisation.

L'obligation pour les ouvriers d'effectuer, du matin au soir et à l'exclusion de tous autres, les mouvements prescrits, ne supprime-t-elle pas leur liberté et ne les transforme-t-elle pas en esclaves ?

Pas plus que sur un terrain de golf ou de baseball, il n'est question ici de préciser tous les mouvements à exécuter en atelier du commencement à la fin de la journée. — Toutefois, on espère que les ouvriers éviteront autant que possible tous les mouvements inutiles et qu'ils n'emploieront que ceux qui visent à un maximum d'efficacité pour un minimum de fatigue. Il n'existe certainement pas un homme réfléchi pour souhaîter que le travailleur exécute des mouvements inutiles, — inutiles pour lui-même ou pour son patron.

Entrez chez un libraire ou dans un magasin d'articles de sports ; vous pourrez y acheter plusieurs ouvrages copieusement illustrés au moyen de photographies représentant la manière d'exécuter certains mouvements précis qui sont les plus efficaces suivant la nature du sport. Mais où trouver de semblables ouvrages lorsqu'il s'agit d'un travail et non plus d'une récréation ? Le livre de Taylor « On the Art of cuttign Metals » fournit cependant un exemple typique de l'application, aux arts de la paix, de l'étude du temps des arts de la guerre. On y trouve de nombreuses gravures qui représentent les différentes phases du travail consistant à forger et à affûter les outils employés pour couper les métaux (1).

Est-ce de l'esclavage que d'exiger qu'une colonne qui renferme les mêmes chiffres à additionner donne toujours le même total ?

Au point de vue de l'efficacité et de la puissance de gain maxima,

(1) Voir également : « Bricklaying system », M. C. Clark and C°, Chicago et « Motion study », D. Van Nostrand New-York.



il semble raisonnable qu'on enseigne à chacun des ouvriers à exécuter les mouvements précis qu'on a reconnus les plus productifs, les moins fatigants, les moins inutiles. On en retire des bénéfices qui, généralement, ne sautent pas aux yeux du profane.

Celui qui n'a pas étudié ces principes pendant un grand nombre d'années ne se rend pas très bien compte des avantages qu'on obtient, — au triple point de vue de la célérité, de la productivité et de la facilité d'exécution — en prenant l'habitude d'exécuter les mêmes mouvements dans le même ordre et en s'évitant le travail mental qu'entraîne fatalement le choix entre mouvements différents. L'économie qu'on réalise ainsi est considérable. Mais, il faut d'abord enseigner l'ordre dans lequel seront exécutés les meilleurs mouvements; puis, il convient d'insister pour que cet ordre soit rigoureusement respecté en sorte que cette série de mouvements devienne une habitude fixe. Ultérieurement toute dérogation reconnue nécessaire et avantageuse s'imposera d'elle-même.

On pourrait composer un ouvrage sur les « avantages qu'il y a à enseigner les meilleurs mouvements avant d'exiger la perfection du produit fabriqué ». En d'autres termes, l'Organisation scientifique insiste sur la nécessité pour le débutant d'exécuter certains mouvements dans un ordre rigoureux jusqu'à ce qu'il puisse faire le travail de la manière prescrite, car les bénéfices qu'on retire de ce procédé compensent largement les frais entraînés par la présence de l'ouvrier exercé qui vérifie l'exécution du travail du débutant. On pensait autrefois à tort que l'ouvrier devait d'abord *finir* son travail en y mettant le temps, quitte à accroître progressivement sa vitesse dans la suite. Au contraire, il doit d'abord exécuter son travail avec les mouvements prescrits; tant pis si quelqu'un (ou lui-même) doit revoir le travail pour le rectifier, si même le travail est à recommencer; il faut que l'ouvrier acquière l'habitude des mouvements corrects. Non seulement cette méthode est plus rapide mais encore elle rend l'ouvrier plus productif pendant toute sa vie.

Je n'ai jamais rencontré un mécanicien instruit de cette façon qui ne plaigne de tout cœur ceux qui ignorent l'emploi des mouvements corrects. Ceux qui pensent que pour gagner sa vie il faut transpirer sans arrêt, ceux-là seront peut-être surpris d'apprendre que *l'esclave du contrôle des mouvements* touchera le jour de la paye une enveloppe bien garnie pour le dédommager de son pseudo-esclavage!

L'Organisation scientifique n'empêche-t-elle pas le salarié de jouir convenablement de la vie.?

Non, à moins qu'il ne soit mécontent de recevoir la meilleure instruction professionnelle et de travailler d'après des méthodes que le

temps et l'expérience ont révélées comme les moins routinières, les plus productives et les moins fatigantes.

De plus, le temps que l'ouvrier passe au travail ne représente que la moitié environ des heures durant lesquelles il reste éveillé. Dans l'Organisation scientifique, il doit travailler plus régulièrement, avec une plus grande constance, mais en général pas plus vite. Si cela le contrarie, il est largement dédommagé par la somme de *satisfactions durables*, comme dit le Dr Eliot, qu'il peut se procurer dans la vie, grâce au surcroît de salaire qu'il doit à l'Organisation scientifique.

Pourquoi vouloir que l'ouvrier travaille isolément et non en équipe, puisque dans ce dernier cas les meilleurs ouvriers entraînent les moins habiles et les flâneurs ?

Le rendement des ouvriers étant mesuré individuellement, l'expérience prouve que le rendement collectif est meilleur que lorsqu'on le mesure pour l'équipe tout entière. D'ailleurs, tôt ou tard les ouvriers raisonnent ainsi : « A quoi bon travailler plus que le voisin puisque le résultat de mes efforts est noyé dans celui de la masse? » Enfin, l'ouvrier s'aperçoit que même s'il se repose plus que de raison, le rendement moyen de l'équipe ne s'en trouve pas sensiblement affecté ; naturellement, les hommes ne font pas le travail des fainéants. — Voir à ce propos : « Philosophy of Management » (page 75).

De quelle manière précise, le rendement des ouvriers est-il augmenté ?

Après avoir constaté les résultats obtenus par Mr Morris L. Cooke à la *Plimpton Press*, grâce à l'application de la méthode Taylor, Mr William Dana Orcutt a écrit ce qui suit dans le nº de février 1921 du « Harper's Magazine » :

« Le travail de chaque agent d'exécution a été préparé grâce à la collaboration de l'employeur. Lorsque les ordres lui parviennent, tous les détails d'exécution sont indiqués : il n'a aucune question à poser; les outils convenables et les matériaux sont à portée de sa main. Il emploie tout son temps à produire et son rendement s'en trouve relevé en proportion. »

Avancement

Quel espoir d'avancement peut avoir un jeune homme dans une maison fonctionnant d'après l'Organisation scientifique ?

Il peut se permettre tous les espoirs, sauf ceux qui résultent de l'intrigue. — Celle-ci peut lui procurer une place, mais lorsqu'il l'occupe, il ne s'y maintient que par son propre mérite, sans quoi les statistiques du rendement et des frais de main-d'œuvre par unité feront ressortir sa véritable valeur.



Dans son ouvrage « Work, Wages and Profits » (page 135), H. L. Gantt a écrit :

« Le perfectionnement de l'ouvrier habile est, grâce à cette méthode, sûr et rapide; partout où elle a été appliquée judicieusement, le problème, qui consiste à aider raisonnablement l'ouvrier, s'est trouvé résolu.

« Au cours des dernières années on a beaucoup parlé de l' « inefficacité croissante de la main-d'œuvre » ; pourtant j'ai démontré à différentes reprises la valeur de cette méthode qui améliore ce rendement jugé défectueux ; de plus, le fait qu'une fois établi, ce système joue automatiquement permet à tous les chefs d'entreprises de l'appliquer à leurs propres ouvriers. »

Comment l'ouvrier est-il sûr que son mérite sera reconnu et qu'il sera nommé à l'emploi le plus élevé auquel il puisse prétendre ?

Parce que dans l'Organisation scientifique, le rendement de chacun est noté séparément et que les comptes par moyennes sont tenus régulièrement.

Les bonnes moyennes de rendement sont accompagnées de salaires élevés en proportion. Les uns et les autres attirent l'attention de la Direction qui a besoin des services des instructeurs à choisir parmi les ouvriers qui ont les meilleurs rendements.

A partir de l'emploi d'instructeur l'avancement de l'ouvrier capable est rapide.

En admettant que l'Organisation scientifique soit meilleure pour la plupart des salariés, qu'offrirez-vous au contremaitre « universel » de l'ancien plan d'organisation ?

Comme son nom l'indique, ce contremaître est chargé de travaux de diverses catégories; il doit remplir différentes parties de plusieurs fonctions. Il est à peu près certain qu'il sera plus fort dans une branche que dans l'autre, mais il n'est pas moins vrai qu'il dépense une partie de son temps précieux à exécuter certains travaux qui pourraient être confiés à un homme moins coûteux.

L'Organisation scientifique offre à ce contremaître de l'employer exclusivement dans la partie qui lui rapportera le plus vu son habileté. Il deviendra ainsi plus productif; chacun accorde la préférence au travail qu'il exécute le mieux. Son aptitude à gagner se trouve également relevée de ce fait, puisqu'il se voit chargé du travail où il donne le mieux la mesure de son habileté et il est débarrassé des fonctions moins rémunératrices qui peuvent et doivent être confiées à un employé moins bien payé.

Enfin, il bénéficie des meilleures méthodes scientifiques connues qui augmentent sa production et son salaire bien au delà de ce qu'il pouvait espérer de sa spécialisation.

N'est-ce pas un système d'avancement basé sur le principe de la lutte, c.-à-d. que celui-là l'emporte qui, tout en étant le plus apte, a le moins d'égard pour ses camarades ?

Le plan traditionnel d'organisation est parfois basé sur le principe de la compétition ; il en est un peu ainsi dans le système Taylor, avec cette différence que le vainqueur ne s'enrichit pas aux dépens du vaincu, comme c'est le cas avec l'ancienne méthode. Au contraire, l'ouvrier dont le rendement est faible reçoit un salaire exceptionnellement élevé s'il termine sa besogne, quel que soit le rendement des autres ouvriers. En d'autres termes, dans l'Organisation scientifique il n'y a que des gagnants. Il n'est pas question de *celui* qui remportera le prix en dépassant les autres. Il s'agit de savoir *combien* remporteront un prix. Car il y a un prix pour tous ceux qui s'appliquent consciencieusement à leur besogne.

Allure.

A quelle allure l'Organisation scientifique compte-t-elle que chaque ouvrier travaillera ?

A l'allure la plus rapide qui le rendra heureux et lui permettra de prospérer sans cesse.

Dans le cas où deux jeunes filles veulent lutter de vitesse, l'Organisation scientifique le permet-elle ?

Rien dans ce système ne s'oppose à ce que deux jeunes filles donnent libre cours à leur émulation si telle est leur envie. L'Organisation scientifique n'encourage pas les luttes de ce genre, mais elle ne saurait empêcher quiconque d'accroître sa production, sous peine d'être accusée de vouloir réduire le gain que l'ouvrier peut s'assurer en un jour.

La somme de travail que l'étude scientifique du temps a fixée comme étant le rendement raisonnable pour un jour ouvrable peut être dépassée une fois en passant ou à la suite d'une compétition.

Un honnête investigateur se montra un jour fort surpris de constater que l'Organisation scientifique n'avait pas imposé à certaines ouvrières un rendement *maximum* ; il ne s'était pas rendu compte que pour ces ouvrières, qui n'avaient pas le temps de se livrer à des sports athlétiques, une lutte de vitesse dans le but de mettre en relief la plus habile, constituait un plaisir en même temps que cela leur

valait une paye plus élevée. Elles ne craignaient pas à la suite de leur match occasionnel, de voir réduire leur tarif. — De plus, ce concours original prouvait que la tâche qui leur était imposée, compte tenu des moments de repos, était bien inférieure à celle qu'elles pouvaient accomplir en luttant d'émulation, et que par conséquent il n'était pas déraisonnable de la leur imposer chaque jour.

« Des heures de travail réduites grâce à l'accélération de l'allure sont jugées favorablement par l'ouvrier de valeur et défavorablement par l'ouvrier médiocre. Le bon ouvrier n'éprouve aucune répulsion pour la vitesse et il sait profiter du temps qu'il économise de cette façon ». (« Economics » par Arthur Twining Hadley.)

Les luttes de force entre ouvriers de nationalité différente occasionnent-elles des conflits de race ?

Pendant 25 ans nous avons appliqué le principe des luttes athlétiques pour améliorer l'efficacité de l'organisation.

Avant de nous livrer à l'étude de l'Organisation scientifique et depuis que nous l'avons fait, nous n'avons jamais rencontré d'objection contre des compétitions de ce genre. Un périodique disait récemment qu'en opposant ainsi plusieurs races, nous provoquions des conflits. Bien au contraire, nous avons constaté souvent que ces épreuves suscitaient un vif intérêt et créaient de la joie. De plus, les ouvriers qui viennent d'un même pays ou d'une même région ont des façons de travailler identiques ou presque ; lorsque deux équipes engagent une lutte amicale, il y a beaucoup de choses à apprendre. Les ouvriers en éprouvent un plaisir évident, la journée passe plus vite et leur salaire s'en trouve amélioré.

Le fait que l'agent d'exécution reçoit une gratification chaque fois qu'un de ses hommes touche une prime, ne l'encourage-t-il pas à les presser sans répit afin de satisfaire ses intérêts égoïstes ?

Non, car la tâche est fixée d'après l'étude du temps nécessaire à l'exécution, compte tenu des instants de repos et des contre-temps éventuels. Il n'est nullement nécessaire d'activer les ouvriers lorsque ceux-ci appliquent les méthodes adoptées par les meilleurs ouvriers en collaboration avec les services d'organisation. Lorsque les ouvriers connaîtront à fond ces méthodes, ils n'auront aucun mal à accomplir chaque jour leur tâche en travaillant constamment mais sans se hâter. Si réellement la chose n'est pas possible, c'est que la tâche a été mal déterminée ; elle doit être corrigée sans délai.

La pratique qui consiste à payer une gratification au chef d'équipe pour chacun des ouvriers sous ses ordres et une double gratification chaque fois qu'un de ceux-ci mérite une prime, n'entraîne-t-elle pas l'emploi de moyens de pression (injures, menaces de renvoi, etc.) qui forcent l'ouvrier à gagner sa prime même lorsqu'il est malade?

Le chef d'équipe reçoit une gratification chaque fois que l'ouvrier reçoit une bonification et une double gratification lorsque tous les ouvriers sous ses ordres en reçoivent une. — Cela rend identiques les intérêts des ouvriers et du chef d'équipe ; cela l'encourage à s'entourer d'hommes qui, par nature, sont mieux doués pour le genre de travail à exécuter. Lorsqu'il a choisi ses hommes, il reste au chef d'équipe à les protéger, à les aider de toutes les manières possibles pour qu'ils gagnent leur bonification, faute de quoi il ne touchera pas lui-même sa gratification. Il redouble d'efforts pour aider les ouvriers du matin au soir, qu'il soit enclin ou non à la sympathie par tempérament. Il ne perdra pas son temps à chercher comment s'y prendre pour faire renvoyer les anciens employés afin de les remplacer par ses amis ou ses parents, car il sait que les services d'organisation ont en main des documents où sont consignées la valeur des ouvriers en tant qu'exécutants et la sienne en tant qu'agent d'exécution. Il ne peut pas tromper ces Services. La réalité se dégage des colonnes où sont notés les prix de revient unitaires, et de la carte qui représente les fluctuations du rendement et des gains individuels. Le chef d'équipe n'est pas autorisé à renvoyer les ouvriers. Il ne demandera pas le renvoi d'un employé pour cause d'infractions légères, de ressentiment personnel, etc. ; car il sait qu'à l'employé renvoyé succède un autre qu'il faut instruire, d'où il résulte que pendant un certain temps, un au moins des ouvriers de l'équipe ne peut gagner de gratification, ce qui revient à dire que, pendant toute cette période, le chef d'équipe perd sa double gratification, plus la gratification simple pour celui, ou ceux des hommes qui ne touchent pas de prime. Il en résulte qu'avant de modifier les conditions habituelles du travail quotidien, le chef d'équipe y regarde à deux fois.

On voit donc que l'attribution de la simple gratification et de la double gratification au chef d'équipe a pour effet de rendre plus sûr, plus stable l'emploi de l'ouvrier et de pousser à conserver, à utiliser l'aptitude spéciale et le bon rendement de l'ouvrier exercé. Le chef d'équipe ne peut ni le renvoyer ni lui infliger d'amende ; et il ne sert à rien d'insulter l'ouvrier, car toute proposition de peine qui ne serait pas approuvée par le chef de discipline rendrait le chef d'équipe ridicule et passible lui-même d'une mesure disciplinaire.

Il ne lui reste donc qu'à seconder l'ouvrier, qu'à l'aider dans l'accom-

plissement de sa tâche ; qu'à veiller à ce qu'il obtienne sans retard les outils et les matériaux nécessaires ; qu'à s'assurer si toute cause d'empêchement ou de retard par suite d'avarie de machine est signalée immédiatement au chef d'entretien dont les fonctions consistent à vérifier l'outillage à date fixe, à l'entretenir en bon état de façon à éviter tout arrêt dans l'exécution du travail. Dans l'ancien système d'organisation le chef d'épuipe abuse souvent de sa situation. Il se fâche après l'ouvrier ou le ridiculise ; il est bien trop occupé pour aider l'ouvrier découragé ou dont le rendement normal tend à diminuer.

Dans l'Organisation scientifique, il vaut mieux que le chef d'équipe risque de maculer ses vêtements pour mettre la main à la pâte et aider l'ouvrier retardé par un incident imprévu plutôt que de laisser se prolonger un retard qui l'empêcherait de gagner sa double prime. — Toutes les fois que le chef d'équipe sauvegarde ainsi ses intérêts, il vient en aide à l'ouvrier. Rien de semblable dans l'ancien système, sauf peut-être dans les entreprises peu importantes où le patron est en même temps son propre chef d'atelier. L'Organisation scientifique est profitable à l'ouvrier pour d'autres raisons. Elle encourage les bons sentiments des patrons pour les ouvriers et vice versa. Ceux-ci sont contents de leur sort. Ils sont encouragés à bien travailler sachant qu'on ne leur marchande pas l'aide dont ils peuvent avoir besoin. Ils se rendent rapidement compte que le chef d'équipe travaille pour eux et non plus eux pour lui. Les instructions sont toutes consignées sur les fiches. Le chef d'équipe ne peut rien changer à ces instructions. Si les ouvriers se conforment aux dites instructions, le chef de discipline les approuvera toujours. S'ils comprennent mal les instructions ou s'ils rencontrent des difficultés d'application, ils font intervenir le chef d'équipe. Il est leur moniteur, leur tuteur et de même qu'ils sont d'autant mieux payés qu'ils sont plus productifs, de même le chef d'équipe reçoit une gratification simple ou une double gratification suivant qu'il est plus habile comme instructeur et non comme conducteur. La prime exceptionnelle de rendement promise à l'ouvrier suffit pour l'encourager à donner toute sa mesure sans qu'il soit besoin de recourir aux manœuvres de pression de l'ancienne méthode d'organisation du « bon vieux temps ».

Syndicats ouvriers.

Le but véritable de l'Organisation scientifique n'est-il pas de dissoudre les syndicats ?

L'Organisation scientifique n'a jamais eu en vue la dissolution des syndicats. En réalité, tous les disciples de Taylor reconnaissent la nécessité des syndicats. Tous ceux qui ont étudié les méthodes d'or-

ganisation ont apprécié les bienfaits qui résultent de l'insistance des syndicats à obtenir des ateliers sains et des bâtiments solidement construits. Il est regrettable que les syndicats n'aient pas toujours eu raison. Les syndicats patronaux méritent le même reproche. Toutes les fois que des torts se sont produits d'un côté comme de l'autre, ils provenaient du fait que les intéressés voulaient se prémunir contre une menace éventuelle ou se venger d'un dommage imaginaire, ou réel, causé antérieurement. Mais l'Organisation scientifique prévoit l'application de méthodes de mesures qui déterminent rigoureusement le mérite et l'efficacité des différents procédés d'exécution; plus les méthodes sont rigoureuses, moins fréquents sont les désaccords entre patrons et ouvriers.

Les méthodes de mesure vont droit au fait et suppriment dans l'œuf la plupart des causes de conflit. Dans son ouvrage précieux et intéressant intitulé « Inventors at Work », Mr Georges Iles attire l'attention sur l'influence exercée sur les progrès réalisés dans toutes les branches de la science par l'emploi des méthodes et appareils de mesure. C'est grâce à sa découverte des méthodes de mesure très simples et à leur utilisation que Taylor a pu faire progresser la science de l'organisation et résoudre les conflits entre patrons et syndicats.

Ces méthodes utilisées pour mesurer l'efficacité relative des divers procédés et de la main-d'œuvre ont contribué à supprimer les hostilités dans le monde du travail. Au lieu de partir en guerre contre le patronat, les syndicats sont forcés de reconnaître que l'Organisation scientifique fait bénéficier les ouvriers de salaires plus élevés, de journées plus courtes, d'un meilleur enseignement et de conditions hygiéniques bien supérieures à tout ce qu'ils peuvent exiger des patrons qui ont appliqué à leur entreprise les principes démodés de l'ancienne méthode d'organisation. Il faut qu'il y ait des syndicats; il faut que les syndicats soient entendus et admis à discuter certaines questions; mais, le syndicat qui, par des marchandages, tentera de s'opposer à l application et aux progrès de l'organisation courra deux risques : s'il échoue, ses membres seront abandonnés à leur sort; s'il l'emporte, il découragera les patrons au point que ceux-ci décideront d'abandonner pour un temps ou définitivement le système d'organisation qui aurait permis aux ouvriers d'obtenir des salaires extraordinairement élevés. Pas plus que personne, les disciples de Taylor ne sont capables d'installer l'Organisation scientifique tout en prenant part à des débats qui peuvent entraîner des conséquences désastreuses dans le cas où prévaudrait l'opinion défavorable d'un conseil arbitral bien intentionné, mais mal informé.

Je ne saurais trop insister auprès des syndicats pour leur conseiller

de ne faire aucune opposition aux patrons qui essaient honnêtement d'appliquer la méthode Taylor à leur entreprise.

Lorsqu'elle aura été mise en vigueur et qu'elle jouera normalement, les syndicalistes constateront que leurs salaires sont plus élevés ; que les heures de travail sont plus courtes — en tout cas pas plus longues que dans l'ancien système — ; qu'au point de vue de l'hygiène, les conditions sont améliorées ; et qu'enfin ils sont et continueront à être mieux traités. Les incompétents, qui doivent leur place à l'intrigue, à leurs relations, à un mariage ou à « des sympathies personnelles » sont estimés à leur juste valeur ; chacun peut s'en rendre compte facilement. Tant qu'il sera productif, l'ouvrier est sûr de conserver sa place ; l'ouvrier est réprimandé, discipliné, puni, mis à pied ou congédié par un chef de discipline qualifié et non à la suite du caprice d'un chef d'équipe, d'un agent d'exécution, d'un surintendant ou même d'un nouveau directeur irrité. Il n'y aura plus d'organisation scientifique possible là où un nouveau directeur appliquera des mesures disciplinaires sans équité.

Cette méthode d'organisation scientifique prolonge les années pendant lesquelles l'ouvrier reste productif, non seulement parce qu'il est mieux traité, mais aussi parce qu'il s'agit essentiellement d'une méthode d'éducation professionnelle ; l'ouvrier âgé peut instruire les plus jeunes longtemps après qu'il a cessé d'être utile dans l'ancienne organisation.

Rien ne force les syndicats à se dissoudre ; s'ils le font d'eux-mêmes, c'est qu'ils ont trouvé un nouveau moyen pour obtenir de meilleurs résultats. Les syndicats n'ont rien à craindre de l'Organisation scientifique, à moins que leurs décisions n'entravent involontairement son développement rapide.

Puisque l'Organisation scientifique est profitable aux ouvriers, pourquoi tous les chefs des syndicats s'opposent-ils à son application ?

Tous n'y sont pas opposés ; certains la combattent pour la simple raison qu'ils ne l'ont pas comprise ; d'autres se figurent à tort qu'elle tend à réduire la valeur de leur besogne — et tous, qui ont souffert autrefois d'être traités sans ménagement, craignent que l'Organisation scientifique ne soit autre chose qu'un « trompe-l'œil » présenté sous un aspect plus séduisant que jamais. C'est à cause de nombreux manques d'égards qu'ils ont eux-mêmes subis et qu'ils ont vu s'exercer autour d'eux, que les ouvriers ont du mal à comprendre que Taylor, ou quelqu'un d'autre, puisse prendre la défense de leurs intérêts sans « arrière-pensée ».

J'ai entendu des gens considérés comme sains d'esprit, me dire un

jour qu'ils n'avaient aucune idée précise de l'Organisation scientifique et haranguer le lendemain la foule pour la mettre en garde contre les méfaits de cette organisation.

En réalité, ils sont peu nombreux ceux qui peuvent en moins de 3, 4 ou 5 ans connaître tous les détails de l'Organisation scientifique dont l'application entraine un succès, même s'ils sont des spécialistes dans une branche industrielle au moins, ou s'ils ont été placés pendant plusieurs années à la tête d'entreprises techniques, commerciales ou industrielles prospères.

Le Dr Taylor et ses disciples demandent à tous ceux qui ne comprennent pas à fond cette méthode d'organisation de ne pas se prononcer avant de l'avoir comprise, ni même avant qu'ils aient pris le temps et la peine d'interroger des mécaniciens, des ouvriers qui ont travaillé d'après ses principes et qui lui doivent leur prospérité.

Ceux qui voudront consulter des ouvriers heureux, fidèles, intelligents, bien traités et bien payés pourront visiter les ateliers de la « Link-Belt C° », de la « James M. Dodge C° » et de la « Thabor C° ».

Est-il absolument nécessaire d'éviter des négociations collectives lorsqu'il s'agit d'appliquer la méthode Taylor ?

Non, mais ces négociations auront pour seul effet d'en retarder l'application. C'est à peu près comme si les médecins d'un hôpital consultaient tous les malades pour savoir quel médicament devra prendre le n° 10 !

Salaires.

Si le rendement de l'ouvrier est trois fois plus élevé qu'avec l'ancienne organisation, pourquoi ne touche-t-il pas un salaire triple ?

Si l'ouvrier avait le bénéfice exclusif de tous les avantages que procure l'Organisation scientifique, le chef d'entreprise ne pourrait pas conserver le corps de chercheurs et d'instructeurs qui lui sont nécessaires. Les économies qui résultent des procédés et des conditions meilleurs et de l'enseignement plus efficace sont tellement élevées cependant que l'accroissement des salaires varie entre 25 et 100 %. Les bénéfices servent en partie à conserver intactes les conditions de l'Organisation scientifique et en partie à réduire les frais de production.

En d'autres termes, c'est le corps de chercheurs et d'instructeurs qui permet à l'ouvrier d'atteindre un rendement deux ou trois fois plus élevé que dans l'organisation du « bon vieux temps ». Les bénéfices qui en résultent doivent donc servir d'abord à payer ces chercheurs et instructeurs, le reste étant partagé entre patrons et ouvriers.

Quelle garantie l'ouvrier a-t-il que le tarif ne sera jamais réduit ?

Rien de semblable ne peut être garanti, mais il n'y aura pas d'organisation scientifique le jour où les tarifs seront réduits, parce qu'elle repose sur un principe qui veut qu'une fois le salaire dûment établi, il ne soit jamais diminué. Elle constitue la forme idéale de collaboration entre patrons et ouvriers. N'importe quelle direction ne peut prétendre à une collaboration après que les ouvriers auront subi une réduction de salaire avec toutes ses conséquences, à savoir : les flâneries systématiques. Il ne peut plus être question de collaborer lorsque les victimes d'une réduction de salaire ont trouvé le rendement maximum auquel ils se tiendront pour ne pas courir le risque d'une nouvelle réduction. Tous ceux qui ont étudié l'Organisation scientifique assez pour pouvoir l'appliquer, savent très bien que les tarifs doivent être fixés définitivement, mais qu'une fois en vigueur, ils ne doivent pas être modifiés. C'est la meilleure garantie que l'ouvrier puisse avoir.

Que touche l'ouvrier s'il dépasse sa tâche ?

Cela dépend du mode de paiement en vigueur ; c'est, par exemple, un tarif unitaire plus élevé, applicable à l'ensemble du travail, comme dans le système du tarif différentiel aux pièces de Taylor ; d'autres fois, ce n'est le même tarif unitaire que pour la tâche normale. S'il dépasse de beaucoup sa tâche, il peut être promu instructeur ou chef d'équipe, l'un ou l'autre de ces emplois lui permettant de gagner davantage.

Le chef d'entreprise n'abuse-t-il pas parfois de l'autorité du chef de discipline pour punir les hommes et pour multiplier les amendes lorsque les affaires baissent (morte-saison) ?

Non, pour la raison très simple que dans l'Organisation scientifique les amendes retournent dans la poche de l'ouvrier sous une forme ou sous une autre.

L'industrie textile organisée à l'ancienne mode a souffert de grèves terribles parce que les amendes, primitivement établies pour dédommager les patrons du préjudice à eux causé par les ouvriers, servaient finalement à réduire les frais d'exploitation grâce à un procédé très simple consistant à imposer des amendes toutes les fois qu'elles étaient justifiables par un prétexte quelconque, en morte-saison par exemple.

Dans l'Organisation scientifique, les amendes infligées par la Direction pour manque de soins, désobéissance, dommages au matériel, aux outils, etc... sont applicables aux ouvriers, aux chefs d'équipe, aux

agents d'exécution, et même aux plus hauts placés toutes les fois que le chef de discipline après enquête en a décidé ainsi. L'argent qui provient des amendes est versé à une caisse de maladie, à une caisse d'assurances ou à une cagnotte; il profite donc de toutes façons aux ouvriers.

On voit donc d'après ce qui précède que le chef d'entreprise (pas plus que le chef de discipline) n'a aucune raison d'être injuste pour le personnel. Celui-ci regrette moins l'argent qu'il doit débourser; chaque fois que les ouvriers apprennent qu'un de leurs camarades a été frappé d'une amende, ils lui expriment leur sympathie en riant parce qu'ils savent que si le coupable doit payer, l'argent ne profitera pas au patron. Donc, aucune raison pour celui-ci d'augmenter les amendes à l'occasion d'un ralentissement des affaires ou pour tout autre motif. Mais, du point de vue ouvrier, il y a encore un autre avantage. L'administration a intérêt à aider les ouvriers à accomplir leur besogne avec le minimum d'amendes, parce que d'abord elles ne lui rapportent rien, et ensuite parce que les amendes, même lorsqu'elles sont absolument nécessaires, sont une cause de malaise. L'administration a donc tout intérêt à supprimer les causes d'amendes.

Que deviennent les bonifications si le syndicat n'autorise pas les ouvriers à les accepter ?

Lorsque les ouvriers refusent la haute-paye qui leur est offerte, elle doit être versée à leur nom sur un livret de caisse d'épargne municipale, afin qu'ils puissent en prendre possession à loisir. S'ils ont réellement gagné la bonification que l'administration leur a promise, celle-ci ne doit pas la garder sous aucun prétexte. Le fait de la placer à la caisse d'épargne est tout en faveur de l'administration. En vieillissant, l'ouvrier peut avoir besoin de son argent; il changera d'avis et s'empressera de le retirer.

CHAPITRE V

RAPPORTS AVEC LES AUTRES SPHÈRES D'ACTIVITÉ

Cette question est trop vaste pour que nous essayions de la traiter ici comme elle mérite de l'être (voir *Bulletin*, n° 5, Fondation Carnegie, par Mr. Morris L. Cooke, membre de l' « American Society of Mechanical Engineers »).

Il existe cependant cinq choses qui aideraient puissamment :

1° Les collèges universitaires devraient prendre toutes mesures utiles pour pouvoir rassembler et échanger les renseignements relatifs à l'étude du temps, par l'intermédiaire d'un Bureau Central, d'un Bureau National situé à Washington de préférence.

2° Ils devraient fonder des laboratoires pour étudier les méthodes permettant d'abréger les heures de travail, d'améliorer le rendement de l'ouvrier, de l'agent d'exécution, du chef d'entreprise, afin d'accroître leur puissance à gagner.

3° Ils devraient procéder au reclassement des métiers, afin qu'ils soient moins superflus et mieux adaptés aux exigences modernes. Actuellement, la plupart des métiers sont organisés pour répondre à des conditions tombées en désuétude.

4° Ils devraient propager tous les renseignements relatifs aux bénéfices économiques que retirent les ouvriers d'abord et l'ensemble du pays ensuite lorsque tout citoyen augmente graduellement sa production le plus possible *dans l'unité de temps*, en sorte qu'un ouvrier honnête ne puisse, par son ignorance, être un obstacle à l'amélioration des conditions des classes laborieuses.

5° Ils devraient répandre le plus possible les nouvelles méthodes d'enseignement professionnel, ne perdant jamais de vue :

a) que l'ouvrier le meilleur, le plus expéditif, le plus apte à accomplir une tâche maxima avec le minimum de fatigue est celui à qui l'on a enseigné d'abord les mouvements corrects ; ensuite l'art de travailler de façon expéditive, et seulement après la façon de faire pour que le travail ait la qualité requise ;

b) que l'on doit juger de la précision d'un ouvrier d'abord suivant la manière dont il se conforme à la méthode-type et non d'après la précision du travail exécuté ;

c) que cette méthode n'est pas destinée à enseigner l'art de se débrouiller, mais qu'au contraire elle tend à une plus grande précision dans l'exécution. En prenant l'habitude de suivre la méthode à la lettre, on obtient habituellement des résultats excellents.

Comment l'Organisation scientifique influe-t-elle sur la prospérité du pays tout entier ?

Will Irvin a écrit dans le « Century » (avril 1910, p. 949) : « Les pionniers du nouveau régime s'attachent surtout à réduire le plus possible les heures de travail et cela sans porter atteinte à la puissance productrice permanente de l'ouvrier. Tirez la conclusion logique de cette formule, vous verrez que le problème embrasse toutes les mesures (autrefois entre les mains des philanthropes et des œuvres charitables) tendant à améliorer le régime du travail. En tant qu'entreprise d'intérêt personnel, elle introduit l'âge d'or dans le domaine de la production. »

Quel rapport y a-t-il entre l'Organisation scientifique et l'éducation professionnelle ?

L'Organisation scientifique se base sur l'idée nouvelle que l'enseignement idéal dans les écoles et collèges est exclusivement celui qui met l'écolier en mesure d'apprendre des leçons pratiques, c'est-à-dire celles qu'il appliquera plus tard dans son métier ; la liste de ces leçons est interminable.

Dans l'ancien système, le journalier est censé apprendre son métier à l'apprenti. Cette méthode est condamnée, chacun le sait, parce que l'ouvrier est plutôt intéressé à ralentir qu'à accélérer l'instruction de l'apprenti. Le fait a été reconnu implicitement par les syndicats lorsqu'ils ont établi les lois régissant les apprentis plus favorisés, tels que, par exemple, le fils d'un membre de la corporation qui bénéficiera de la meilleure instruction que lui donnera son père, ou, à défaut, le camarade intime de celui-ci.

L'instruction professionnelle donnée à l'apprenti est tellement médiocre, il met si longtemps à devenir productif, que souvent il désespère d'apprendre jamais son métier. C'est pour ces deux motifs qu'autrefois la durée de l'apprentissage en Angleterre et en Amérique variait entre 5 et 7 ans ; aujourd'hui encore, en Angleterre, cette durée est restée la même dans nombre de métiers. On suppose que cette durée excessive permet au patron de profiter largement des dernières années de l'apprentissage pour se dédommager des pertes en matières premières inévitables lorsque l'apprenti en était tout à fait à ses débuts. En réalité, l'apprenti à ce moment était si peu productif que le patron l'utilisait à des besognes étrangères telles que manutentions, courses personnelles, etc... pour tirer de lui le meilleur parti possible pendant les premières années d'apprentissage. Ne touchant qu'un salaire dérisoire ou pas de salaire du tout (quelquefois même obligé de payer pour apprendre un métier, — son gagne-pain ! —), l'apprenti était généralement la proie de soucis multiples parce qu'il n'était pas instruit aussi rapidement qu'il l'avait espéré ; il était chargé de besognes désagréables qu'il exécutait fort mal parce qu'à contre-cœur. Dans les meilleures conditions, il était payé d'après ses heures de présence et non d'après son rendement, il travaillait à la journée pour un prix fixé d'avance pour un nombre déterminé d'années, sans qu'il soit question de la somme de travail qu'il aurait à fournir en échange. Ses instructeurs appartenaient à deux catégories : ceux qui se souciaient fort peu de son instruction professionnelle et ceux qui, pleins de bonnes intentions à son endroit, n'avaient pas été choisis en raison de leurs aptitudes à l'enseignement professionnel. En outre, ceux qui étaient disposés à former l'apprenti, lui enseignaient les

méthodes qui, *à leur avis*, étaient les meilleures, sans jamais recourir aux méthodes modernes de recherches et de pédagogie. Considérez combien ces procédés étaient défectueux en comparaison des méthodes préconisées par l'Organisation scientifique dans laquelle l'instructeur occupe un emploi dû à son aptitude à enseigner des procédés que la science et la collaboration ont déterminés et choisis.

C'est ici que les professeurs des écoles commerciales auront un beau rôle à jouer. Autrefois, ils souffraient du manque de méthodes pratiques convenables; ils s'estimaient heureux lorsque leurs élèves, avec un peu de pratique en atelier, pouvaient s'assurer le salaire d'un ouvrier à la journée. Même alors, ces élèves étaient considérés comme des « poussins sortant de la couveuse ». Aujourd'hui, en possession: 1° des méthodes d'exécution fournies par l'étude du temps et des mouvements ; 2° des divers procédés et instruments qui permettent de mesurer exactement les efforts et la fatigue, intellectuels ou physiques, décomposés en leurs éléments, les professeurs de nos écoles commerciales pourront bientôt former des *instructeurs-mécaniciens*, c'est-à-dire des contremaîtres ; et l'ouvrier à la journée qui n'apprend pas à exécuter son travail avec des mouvements corrects et suivant les méthodes fixées en vue de supprimer tout gaspillage superflu de ses forces, devra prendre la place de l'autre, parmi les moins habiles.

C'est le manque de connaissances et d'entrain qui faisait de l'ancien ouvrier à la journée un piètre ouvrier, en tout cas un instructeur totalement insuffisant.

Le meilleur professeur de nos écoles commerciales est mal payé aujourd'hui parce qu'il n'est pas apprécié à sa juste valeur. Le professeur de demain sera le meilleur qu'on pourra se procurer. Il sera à même de prouver son aptitude grâce à la qualité *mesurée* de son rendement. Ce stimulant pour l'éducation des apprentis par des instructeurs exercés spécialement ou par des agents d'exécution continue pendant toute la carrière de l'ouvrier. La période d'instruction n'est jamais finie. Grâce à l'Organisation scientifique l'ouvrier est chaque jour mieux préparé à apprendre les nouvelles méthodes que les chercheurs du service d'organisation ont découvertes ou synthétisées. Les agents d'exécution et les instructeurs sont chaque jour mieux préparés pour faire exécuter leurs instructions. A l'avenir, on trouvera une compensation pécuniaire adéquate dans l'appréciation des mérites respectifs des meilleurs instructeurs pour les différents métiers.

L'Organisation scientifique est-elle un facteur de « paix industrielle » ?

Ecoutons Mr William Dana Orcutt (« Harper's », février 1911) :

« On a admis généralement que les intérêts du capital et de la main-d'œuvre devraient être identiques, et pourtant, dans la pratique il est rare qu'il en soit ainsi.

« La nouvelle force qui s'appelle l'Organisation scientifique moderne dit ceci : « s'ils ne sont pas identiques, rendez-les tels » et après avoir déployé la bannière qui porte ce mot d'ordre, elle se sépare à jamais des systèmes et méthodes systématiques, des fiches de renseignements, des classements alphabétiques, des tableaux récapitulatifs des frais. — Elle reconnaît que tout cela constitue les détails nécessaires du système, qui, à son tour, est une partie essentielle de l'organisation scientifique mais, en tant que science, elle se préoccupe plutôt des rapports de cause à effet que des statistiques et des chiffres qu'on obtient généralement avec un tel retard qu'ils n'ont plus qu'une valeur historique. »

N'est-ce pas là une méthode qui risque d'opposer l'une à l'autre la catégorie des anciens élèves des collèges et celle des mécaniciens ?

Au contraire, elle fera mieux sentir aux uns et aux autres comment ils sont solidaires. Elle donne la mesure exacte de leur importance relative. Elle leur montre : qu'ils doivent collaborer pour obtenir de bons résultats qui soient durables ; que chacun a besoin du voisin, non seulement pendant la période transitoire, c'est-à-dire lorsqu'on abandonne les vieilles méthodes pour appliquer les principes de l'Organisation scientifique, mais encore lorsque celle-ci est appliquée définitivement.

L'Organisation scientifique n'isole-t-elle pas davantage l'ouvrier de la direction ?

Au contraire leur contact n'a jamais été plus immédiat. L'ouvrier est considéré individuellement et non plus traité comme une des unités d'une équipe. Il reconnaît qu'en aidant la direction à appliquer la méthode qu'elle préconise, il augmente son salaire, il aide ses compagnons à faire de même et la direction à réduire les frais d'exploitation. A son tour, cette réduction aide le patron à vaincre la concurrence et par conséquent à faire davantage d'affaires, ce qui garantit la sécurité de leur emploi aux ouvriers.

Suprématie industrielle nationale

Ne serait-il pas préférable de détruire en germe le mouvement d'organisation scientifique en raison de ce qui arrivera aux Américains lorsque les Chinois et les Japonais, dont les besoins sont modestes et les

exigences réduites, découvriront et appliqueront nos méthodes de laboratoires et d'exécution qui conviennent à cette nouvelle organisation?

Quelle que soit la force de cet argument, elle tombe d'elle-même car il est maintenant trop tard. Les ingénieurs, originaires d'Asie, qui ont fait leurs études dans les collèges américains, ont commencé à faire profiter leurs pays des bienfaits de l'Organisation scientifique.

Comment l'Organisation scientifique entraine-t-elle un reclassement des métiers ?

1° Les renseignements qu'elle a recueillis montrent quelle est la partie du travail qui abaisse le salaire de l'ouvrier le plus habile.

2° L'Organisation scientifique s'efforce de caser l'ouvrier là où il peut exécuter de façon suivie le travail qui lui garantira le salaire maximum que son adresse, son expérience, ses connaissances professionnelles lui permettent de gagner.

Quelle place l'Organisation scientifique occupe-t-elle dans la formation des ouvriers ?

La préparation de l'ouvrier au métier auquel il se destine doit commencer pendant les années scolaires.

(Voir l'ouvrage intitulé « The Vocational Guidance of Youth » par Mr Meyer Bloomfield, Directeur du « Vocation Bureau » de Boston, professeur à l'Université Harvard.)

Quelle place occupe dans l'Organisation scientifique le travail « générateur de bien-être » ?

Le mot *bien-être* sonne mal aux oreilles d'un grand nombre d'ouvriers. A leur point de vue, l'argent destiné à accroître leur bien-être devrait être réparti au prorata dans les enveloppes de paye tous les samedis.

N'importe quel travail qui assure aux ouvriers une plus grande prospérité est meilleur que rien, car il en aidera un certain nombre; mais pour que ses effets soient durables, il faut qu'il permette à l'ouvrier de devenir plus productif, de gagner un salaire plus élevé et de prendre soin de soi-même sans secours extérieur.

Le travail générateur de bien-être qui serait le plus profitable serait la création d'un bureau officiel destiné à recueillir, à conserver et à divulguer les renseignements relatifs à l'Organisation scientifique.

Cette organisation est basée sur la science de l'étude du temps. C'est Taylor qui le premier, en 1895, appela l'attention sur la nécessité d'un ouvrage traitant des résultats de l'étude du temps dans les arts et dans l'industrie. Dix-sept ans se sont écoulés depuis et cet ouvrage n'a pas

encore vu le jour. Pendant ce temps, le gouvernement a nommé des experts pour étudier comment on pourrait accroître la productivité des brebis, des poules, des vaches, des abeilles, des truies et même des chèvres des Montagnes Rocheuses !

Quel est l'homme qui se rendra à jamais fameux pour avoir déclenché le mouvement tendant à la création, à Washington, d'un bureau permanent et d'un musée, où l'on étudierait l'Organisation scientifique et les méthodes appelées à accroître l'efficacité, la longévité et la productivité de l'être humain ?

Les hommes politiques reconnaissent la grande valeur d'un service officiel de ce genre, mais ils sont en proie à la *crainte des électeurs*. Ils craignent les bulletins de vote d'un grand nombre d'ouvriers qui croient en toute sincérité que la somme des « avantages du travail », suivant leur propre expression, est déterminée et constante, et que rendre un homme plus productif, c'est-à-dire le rendre capable d'exécuter le travail de deux personnes, c'est tout simplement en congédier une qui ira grossir le nombre déjà considérable des sans-travail. Le fait qu'il en est ainsi momentanément les empêche de s'apercevoir que l'Organisation scientifique leur procurera avant longtemps des avantages durables.

Le cas de l'inventeur de la machine à tricoter au temps de la reine Elisabeth : les luttes engagées pour généraliser l'emploi de la machine à coudre, de la truelle à réservoir et tous les conflits qui ont marqué l'apparition des machines destinées à économiser la main-d'œuvre sont trop connus pour que nous ayons à y revenir ici. Il s'est produit des perfectionnements ; il s'en produira d'autres ; rien ne peut s'opposer en permanence à ce qu'il en soit ainsi.

Toutefois, c'est un malheur national, disons plus, une calamité universelle, que tant de gens soient opposés aux méthodes destinées à économiser la main-d'œuvre. Nous ne pouvons comprendre pourquoi par exemple certaines organisations ouvrières insistent pour continuer à appliquer des méthodes imparfaites ; tel est le cas notamment pour le syndicat des maçons de Glens Falls qui exige que l'ouvrier ne pose pas sa truelle pour ramasser une brique ; ils veulent que l'ouvrier ne se serve pas de ses deux mains pour prendre une brique à moins qu'il ne conserve sa truelle dans l'une d'elles.

Je n'arrive pas à comprendre à la suite de quelles expériences et par quelle méthode ils ont reconnu que cette façon de procéder était la meilleure pour leur corporation. Si, par là, ils entendent diminuer le rendement et augmenter les heures de travail, pourquoi ne pas pousser les choses jusqu'au bout et décréter qu'aucun maçon en briques ne devra utiliser de truelle qui soit plus large qu'un couteau à dessert, ou

encore que le poignet de sa manche de chemise devra être attaché à la jambe gauche de son pantalon tous les jours entre huit heures et midi, et entre treize heures et dix-sept heures ? Evidemment cela paraît ridicule et pourtant quatre heures de travail dans ces conditions réduiront la production beaucoup moins que les règles d'apparence bénignes du syndicat des maçons en briques de Glens Falls !

Aucun ami des ouvriers ne saurait rendre à ses camarades un plus grand service que celui qui consiste à leur enseigner la vérité relativement aux avantages qu'ils retireront d'un accroissement de leur production, car c'est cela seulement qui permettra de relever constamment les salaires tout en réduisant les frais de main-d'œuvre d'une manière permanente.

Il n'est pas besoin d'insister sur les avantages que l'ouvrier retire du relèvement des salaires. Les avantages que le salarié retire de l'abaissement des frais de main-d'œuvre sont moins évidents ; ils n'en sont pas moins réels car lorsque tel est le cas, l'ouvrier se trouve placé dans des conditions qui favorisent le travail générateur de bien-être. De plus, si les frais de production diminuent, cela signifie que l'argent gagné par l'ouvrier aura une puissance d'achat plus grande, c'est-à-dire que la vie sera pour lui plus facile.

Plus que toute autre méthode, l'Organisation scientifique est économe des forces humaines.

Ne soyons pas prodigues en gagnant notre vie, même si nous avons une tendance à gaspiller notre argent pour les choses qui nous font le plus envie.

« Rendez-nous le gai compagnon ! » ; donnez-lui l'occasion de chanter, réservez-lui du temps libre pour qu'il cultive son talent ; organisez son travail pour qu'à la fin de la journée il ait le cœur à chanter; pendant les heures réduites où vous travaillerez, attachez-vous à rechercher le moyen d'éviter toujours davantage le gaspillage des forces humaines, la fatigue inutile et le prolongement des heures de présence au delà du temps strictement nécessaire à l'accomplissement d'une tâche quotidienne raisonnable.

COMITÉ TECHNIQUE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES

Un nouveau procédé pour le réglage des amplificateurs téléphoniques.

Lorsqu'un amplificateur téléphonique est intercalé entre deux sections de ligne les impédances de ces deux sections doivent être identiques à toute fréquence si l'on veut éviter l'amorçage d'oscillations parasites.

Un procédé classique pour égaliser les impédances consiste à faire la balance de chaque section de ligne par une ligne artificielle et à monter non plus un, mais deux amplificateurs sur les lignes ainsi modifiées, chacun de ces amplificateurs servant dans un sens de transit seulement.

Un autre procédé de réglage vient d'être examiné par le Comité technique. Il consiste à monter sur la ligne un dispositif d'équilibre constitué par une lampe à trois électrodes munie d'un shunt en dérivation entre les pôles négatifs du filament et de la batterie de plaque (1). Ce shunt est constitué par une combinaison quelconque de résistances, de selfs ou de capacités et permet de modifier les caractéristiques de la lampe.

La fig. représente schématiquement le dispositif envisagé. L_1 L'_1 désignent les deux fils du circuit amont, L_2 L'_2 les deux fils du circuit aval.

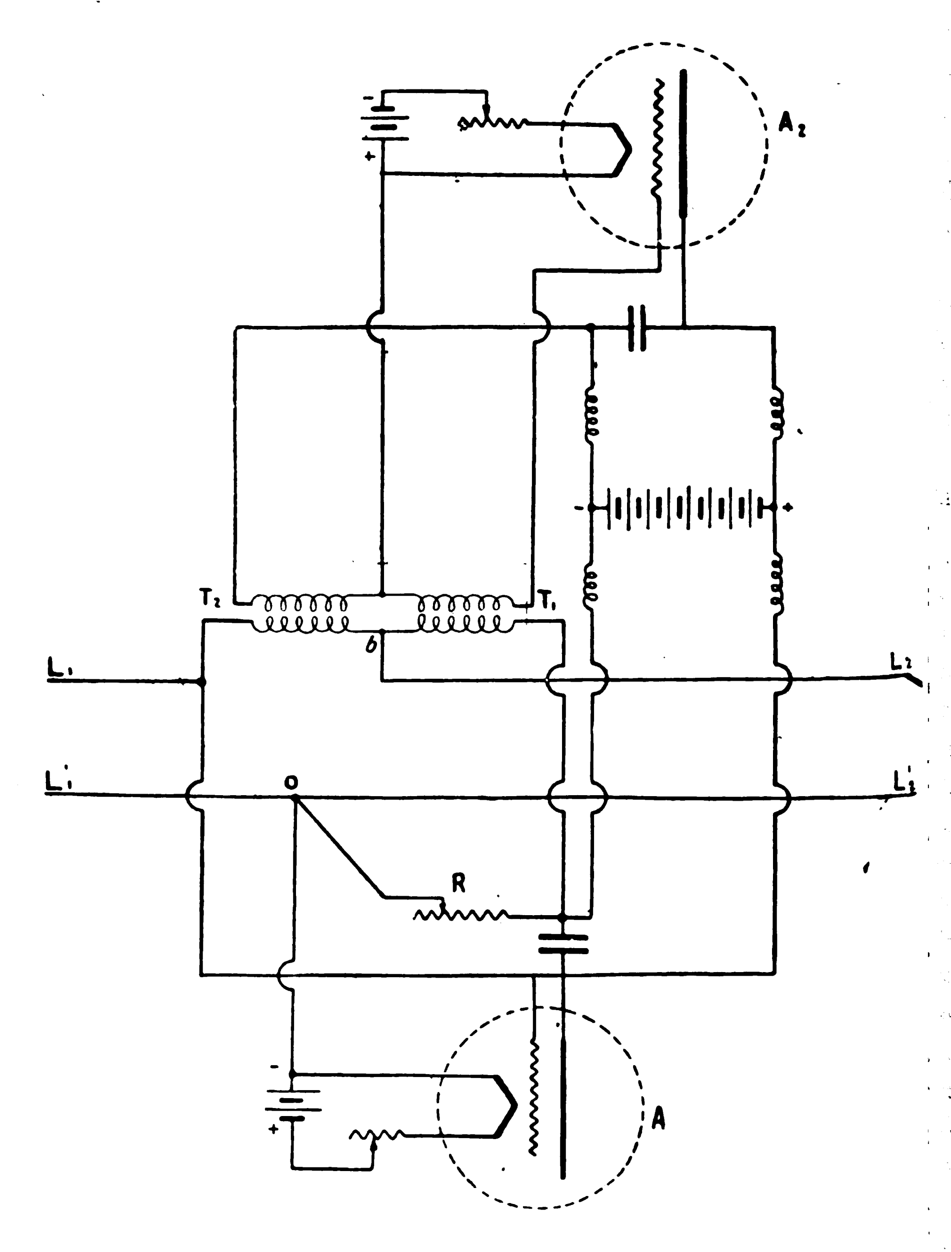
La lampe à trois électrodes A_1 est la lampe d'équilibre dont le shunt est en R.

La lampe à trois électrodes A_2 est la lampe amplificatrice dont le transformateur d'entrée est en T_1 et le transformateur de sortie en T_2.

Quand une conversation est échangée une différence de potentiels prend naissance entre le point *o* du fil L'_1 L'_2 et le

(1). Dispositif présenté par la Société Industrielle des Téléphones.

point *b* du fil L_1 L_2. Cette différence de potentiels donne lieu à un courant qui traverse T_1 et par suite à un autre courant à travers la lampe A_2, ce dernier courant revenant par T_2. La



condition indiquée par la Société Industrielle des Téléphones est que le réglage du shunt R doit être tel que le dernier courant envisagé ne donne lieu à aucun courant dans T_1.

La Société Industrielle des Téléphones propose aussi un montage de son nouveau dispositif de réglage en pont double pour éviter la répercussion l'un vers l'autre de deux relais échelonnés sur la même ligne.

Le Comité Technique des Postes et Télégraphes a émis l'avis que ces divers systèmes devaient être mis à l'essai sur des lignes de l'Administration afin que l'on puisse se rendre compte de leur valeur pratique et voir notamment comment devra être constitué le shunt R si les lignes raccordées à l'amplificateur ne sont pas identiques en amont et en aval, par exemple l'une aérienne et l'autre souterraine.

Installations téléphoniques chez les abonnés.

Lorsque les abonnés au téléphone ont des installations particulières très importantes, comme c'est le cas chez les gros commerçants ou les gros industriels, on y trouve des tableaux à batterie centrale desservis par une opératrice spécialement et exclusivement affectée au téléphone. Les installations de cette nature sont soumises à la condition d'avoir un schéma électrique agréé par l'Administration et il en existe, à la vérité, de schémas électriques divers.

Le Comité technique des Postes et Télégraphes a considéré que les schémas donnant l'alimentation microphonique des postes de l'abonné par le bureau central de l'État étaient inférieurs à ceux qui procurent cette alimentation par la batterie du tableau d'abonné. Le second mode d'alimentation assure en outre l'avantage que le rappel de l'opératrice du tableau par un poste intérieur au cours d'une conversation avec le réseau de l'État (appel nécessité par le besoin d'aiguillage de la conversation sur un autre poste intérieur) ne donne pas le signal de fin de conversation au bureau de l'État. Le Comité Technique a émis l'avis que les installations de tableaux d'abonnés ne devaient plus compor-

ter l'alimentation directe des microphones par le bureau de l'État lorsque le tableau d'abonné possède une batterie centrale propre.

Installation d'un distributeur de trafic au bureau téléphonique « Fleurus » à Paris.

Le distributeur de trafic qui sera installé au nouveau bureau de « Fleurus » est destiné (1) à aiguiller automatiquement l'appel d'un abonné sur une opératrice qui soit libre, ou bien, au cas où toutes les opératrices seraient déjà occupées à l'instant où se produit cet appel, à ne laisser cet appel en attente que sur une position d'opératrice qui soit la moins chargée d'appels en attente. Avec ce système l'abonné n'est plus toujours servi par la même opératrice mais les délais de réponse à un appel sont diminués. On diminue également l'effectif des opératrices nécessaires au bureau puisque le travail de celles-ci est bien égalisé.

Le Comité Technique des P. T. T. vient d'avoir à choisir entre plusieurs systèmes de distributeurs de trafic proposés par diverses maisons de construction. Le bureau de Fleurus sera pourvu d'un distributeur dans lequel les organes rotatifs de sélection auront chacun un champ de 50 lignes (2). Les abonnés sont donc groupés par 50, chaque groupe de 50 abonnés étant desservi par 12 chercheurs de lignes, ce qui laisse une probabilité inférieure à $\frac{1}{1000}$ qu'un appel reste en souffrance en supposant que chaque abonné appelle 1.8 fois à l'heure la plus chargée et que la durée moyenne des conversations soit de 2 minutes 1/4.

Chaque groupe de 50 abonnés a accès à 50 cordons grâce à l'association directe d'un chercheur de cordons à chaque chercheur de lignes, mais comme 50 cordons peuvent suffire au trafic de plus de 50 abonnés, les 50 cordons sont multiplés sur huit groupes de 50 abonnés de telle sorte qu'ils desservent en réalité 400 abonnés.

Le bureau de Fleurus — équipé pour 6000 abonnés — aura

(1) Comme il a été déjà expliqué dans les Annales (Année 1921, page 317).
(2) Organes de la Compagnie française Thomson-Houston.



50 positions d'opératrices de départ, ayant, à l'heure la plus chargée, à servir chacune au maximum 216 appels, le travail de l'opératrice s'effectuant avec la mise en écoute automatique sur le monocorde où se produit l'appel et l'appel automatique de l'abonné demandé par le simple enfoncement de la fiche dans le jack général.

Les 50 monocordes de chaque groupe de 400 abonnés sont répartis à raison d'un devant chacune des 50 opératrices. Un répartiteur de monocordes permet d'ailleurs de faire varier à volonté cette répartition, opération qui sera nécessaire notamment lorsque le bureau Fleurus, dont les locaux sont suffisants pour recevoir jusqu'à 10.000 abonnés, recevra une extension de sa capacité initiale.

Chaque opératrice recevra 14 monocordes, mais les dispositions sont prises pour pouvoir éventuellement porter ce nombre à 18 en cas d'augmentation de trafic par abonné ou d'allongement de la durée moyenne des conversations.

Chaque position d'opératrice pourra être groupée avec les deux positions qui sont à sa droite et à sa gauche de façon que l'exploitation du bureau soit facilitée aux heures de service réduit.

Les abonnés peuvent être à volonté divisés en plusieurs catégories, par exemple ceux qui ont une provision à l'interurbain et ceux qui n'en ont pas, et leur ligne sera munie à cet effet d'un test spécial par tonalité. Une clé de tonalité manœuvrée par l'opératrice lui permettra de faire ce test à volonté.

Récepteurs radiotélégraphiques antiparasites.

Deux récepteurs radiotélégraphiques antiparasites ont été mis à l'essai à Villejuif et leur emploi a accru le temps utile de service de 50 % par rapport à une réception ordinaire. Le Comité technique des P. T. T., après examen des résultats obtenus, a émis l'avis que ceux-ci sont assez satisfaisants pour que l'Administration se préoccupe d'orés et déjà d'acheter des récepteurs antiparasites et qu'il y avait lieu d'ouvrir un concours technique pour la fourniture d'un certain nombre de ces appareils. Le pro-

gramme d'un tel concours a été préparé en tenant compte des possibilités atteintes à l'heure actuelle par l'industrie radioélectrique, mais en laissant le plus de marge possible pour l'introduction de perfectionnements. Voici d'ailleurs le libellé de ce programme :

CONDITIONS AUXQUELLES DEVRONT SATISFAIRE DES RÉCEPTEURS RADIOTÉLÉGRAPHIQUES ANTIPARASITES.

1° Le récepteur comprendra un cadre qui pourra être facilement orienté dans toute direction, les circuits oscillants nécessaires, les organes d'amplification et de détection, les appareils destinés à atténuer les parasites, l'hétérodyne, les appareils enregistreurs.

2° Il devra avoir une sensibilité suffisante pour qu'il soit possible de recevoir et d'inscrire les signaux des grands postes américains (Annapolis, par exemple). Cette réception devra pouvoir se faire par des procédés d'inscription permettant une exploitation plus rapide que la lecture au son.

Aux heures les plus favorables de la journée, un service commercial devra pouvoir être assuré à une vitesse au moins égale à 60 mots par minute, soit 3600 à l'heure.

3° L'efficacité du système antiparasite sera appréciée de la manière suivante :

Aux jours où une boîte de réception actuelle laisse une certaine période d'illisibilité, le système antiparasite devra permettre de réduire cette période d'illisibilité dans la plus forte proportion possible et au moins de 50 °/₀.

L'épreuve portera sur un très grand nombre de jours de travail, tout un été par exemple.

4° Les appareils étant réglés sur un poste travaillant sur une longueur d'onde invariable, le réglage devra subsister, sans retouche, durant toute la période de travail avec ce poste.

Le réglage préalable du récepteur devra pouvoir être effectué par le personnel exploitant, sans qu'il soit nécessaire d'avoir recours au constructeur ou à un ingénieur.

Les appareils devront être réalisés pour toute longueur d'onde comprise entre 3000 et 30.000 mètres, chaque récepteur pouvant

être réglé pour une fraction aussi large que possible de cette gamme. Le modèle présenté devra être adapté à une gamme voisine de 15.000 mètres et aussi étendue que possible de part et d'autre.

5° L'inscription des signaux, après amplification et détection, puis amplification basse fréquence supplémentaire, s'il y a lieu, pourra se faire par l'un des procédés en usage, inscription mécanique ou photographique sur bande ou inscription phonographique pourvu que le système utilisé permette le service aux conditions de vitesse et de sécurité énoncées ci-dessus.

Substitution de l'électro-diapason au régulateur Baudot[1].

L'éloge du régulateur Baudot n'est plus à faire : c'est un excellent instrument quand il est convenablement réglé. Mais ce réglage qui pourtant ne présente aucune difficulté, ne semble pas être pratiqué partout avec toute la précision nécessaire. En France, où l'instruction des agents spécialement chargés de la conduite des appareils Baudot est faite avec beaucoup de soin et de méthode, cette imperfection apparaît peu ; mais il n'en est pas de même à l'étranger, si l'on en juge par les difficultés de synchronisme assez fréquentes que nous rencontrons sur certaines communications internationales.

C'est sans doute cette raison qui a conduit M. Murray à employer, dans le système télégraphique dont il est l'auteur, le moteur phonique inventé en 1865 par Paul Lacour : l'induit est constitué par une roue dentée de fer, tournant dans le champ de deux électro-aimants (fig. 1) ; ceux-ci reçoivent alternativement des impulsions électriques données par la vibration d'une tige d'acier fermant le circuit de l'un en même temps que celui de l'autre est interrompu. Le mouvement vibratoire est entretenu par l'action d'un autre électro-aimant dans le circuit duquel la tige forme trembleur. Ce dispositif était déjà employé en 1885

(1). Note remise par M. Mercy, Inspecteur des Postes et Télégraphes.



dans le système Delany. Murray l'a adapté au distributeur Baudot en montant la roue dentée sur l'axe du mécanisme de correction, à la place de la roue qui transmet ordinairement le mouvement du socle-moteur. On modifie la vitesse de rotation en faisant varier la fréquence de vibration de la tige au moyen de masses pesantes susceptibles d'être fixées en différents points de

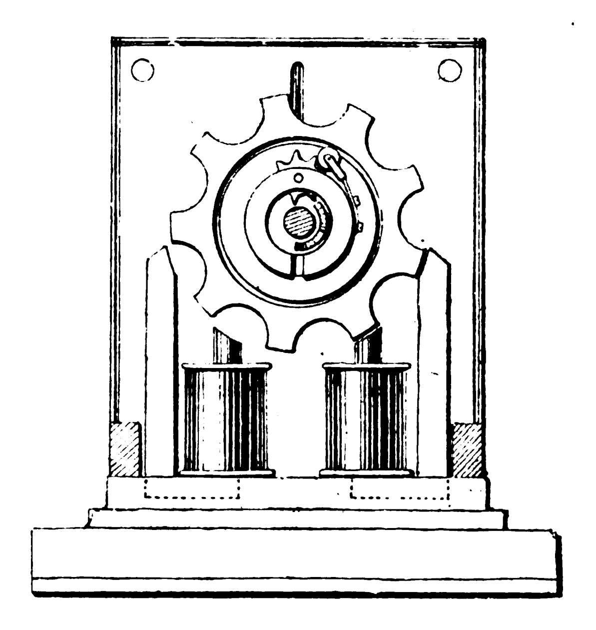


Fig. 1.

la tige. Ce procédé a l'inconvénient d'exiger des tâtonnements ; le placement des masses ne peut s'opérer que lorsque la tige est au repos ; on ne sait si on les déplace d'une quantité trop grande ou trop petite ; pour s'en apercevoir, il est indispensable de remettre l'appareil en marche. Il faut, par suite, un temps assez long avant d'atteindre la vitesse voulue.

Dans le Multiplex de la Western Electric, variante, comme le Murray, du système Baudot, cet inconvénient a été évité par l'emploi d'un diapason pour l'envoi des émissions dans le moteur Lacour. De grosses masses, fixées à l'extrémité des branches du diapason, permettent d'obtenir des vitesses variant de 140 à

300 tours à la minute. Mais en outre, et c'est là que réside l'avantage, des masses de culasse, mues par une crémaillère dont la marge de déplacement total produit une variation de 6 tours seulement, donnent la faculté de parfaire, d'ajuster la vitesse à la valeur désirée sans arrêter la vibration. On peut ainsi arriver très rapidement au résultat cherché.

L'auteur a réalisé, sur un quadruple Baudot desservant la ligne Athènes-Salonique, la substitution de l'électro-diapason au régulateur Baudot, les balais étant entraînés par le moteur de Lacour tel que Murray l'a adapté à la cage du distributeur. Le résultat fut de tous points excellent.

Cependant le moteur et la bobine excitatrice du diapason étaient alimentés par un courant industriel dont la tension normale devait être de 220 volts et qui oscillait assez rapidement entre 180 et 240 volts. Dans ces conditions extrêmement mauvaises, Athènes, poste corrigé, tenait parfaitement le synchronisme. Cette stabilité remarquable s'explique par le fait qu'une variation de 100 °/₀ de l'énergie fournie à la bobine excitatrice de l'électro-diapason ne provoque qu'une variation de fréquence de 0,9 °/₀.

Indépendamment de cette qualité primordiale, le système ne nécessite pas une instruction soignée des dirigeurs ; il n'exige aucun réglage ; son entretien est à peu près nul. Les étincelles de rupture sont évitées par les procédés usuels ; mais, en outre, les contacts s'établissant et se rompant par friction, un nettoyage mécanique s'effectue constamment par le jeu même de l'instrument.

La maison Carpentier a réalisé un électro-diapason spécialement étudié pour le Baudot et donnant une marge de 4 à 6 tours. Il est constitué par deux lames d'acier L, L′ (fig. 2) encastrées dans une culasse fixe K. La vitesse de régime est réglée par deux masses P, P′ lestant l'extrémité libre de chaque lame. Les variations de fréquence sont obtenues en modifiant la longueur de la portion vibrante des lames au moyen de deux ressorts portés par un chariot C. Ce dernier se déplace sous l'action d'une tige filetée F manœuvrée par une manivelle M. Les extrémités

vibrantes des branches du diapason sont munies de ressorts de contact R, R′ commandant alternativement l'ouverture ou la fermeture des circuits des inducteurs de la roue phonique et de la bobine excitatrice E. Les essais de laboratoire ont donné

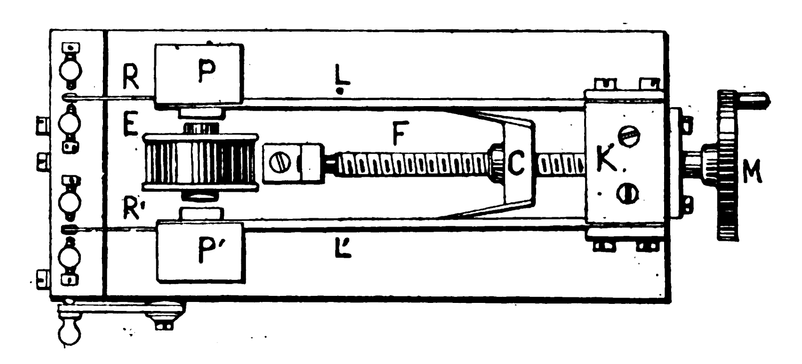


Fig. 2.

toute satisfaction. Il est à prévoir que cet instrument si commode va contribuer à rendre encore plus pratique et plus robuste notre appareil national déjà si avantageux à cet égard et, par suite, donner un nouvel essor à l'extension d'un système qui, malgré les nombreux progrès accomplis depuis sa naissance, reste encore inégalé.

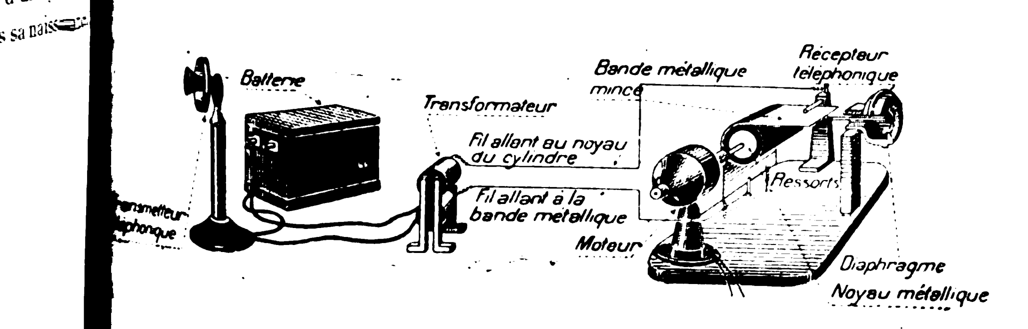
REVUE DES PÉRIODIQUES

Revues françaises, par M. Taffin, Directeur des Postes et Télégraphes. — Revues étrangères, par MM. Cauchie, Inspecteur des Postes et Télégraphes et Lavoignat, contrôleur des Postes et Télégraphes.

PÉRIODIQUES EN LANGUE FRANÇAISE.

Récepteur téléphonique utilisant un phénomène d'attraction électrique sur un corps semi-conducteur (*La Nature*, août 1921). — Deux jeunes ingénieurs danois, MM. Johnsen et Rahbek, se sont proposés d'utiliser un phénomène d'attraction électrique déjà signalé il y a plus de 40 ans par Edison, mais qui était tombé dans l'oubli.

Voici de quoi il s'agit : posons sur une pierre lithographique, corps mauvais conducteur de l'électricité, un disque de métal bon conducteur et appliquons entre ces deux corps une différence de potentiel de quelques centaines de volts ; pour cela la face arrière



de la pierre lithographique sera garnie d'une électrode métallique qui assurera le passage du courant à travers la pierre ; en raison de la haute résistance de celle-ci, le courant sera extrêmement faible, et ne dépassera pas quelques micro-ampères.

On constate alors qu'une adhérence très forte se manifeste entre la pierre lithographique et le disque conducteur.

On explique ce phénomène comme il suit : les deux plans au contact agissent comme les plateaux d'un condenseur à air, l'une des armatures étant le disque de métal et l'autre la pierre lithographique. Il en résulte une attraction électrostatique correspondant à l'attraction qui s'exerce entre les plateaux du condensateur à air. Dans le condensateur à air, l'attraction est inversement proportionnelle au carré de la distance entre les deux plateaux. Dans ces expériences, la distance entre les deux surfaces est extrêmement faible et l'attraction est très forte.

Comme substance semi-conductrice, on peut employer aussi la gélatine, et la recouvrir d'une feuille d'aluminium ; les deux inventeurs ont également employé l'agate.

Imaginons un cylindre taillé dans un corps semi-conducteur, pierre lithographique, agate ou gélatine ; sur ce cylindre s'appuie une bande légère de métal conducteur. Une extrémité de cette bande est reliée à un ressort, l'autre à un diaphragme téléphonique. Un moteur entraîne le cylindre d'un mouvement de rotation continu.

Lorsqu'un courant passe à travers la bande et le cylindre, il y a attraction et la bande colle sur le cylindre ; l'attraction cesse quand le courant cesse. Pendant la période d'attraction, la bande est donc entraînée par le cylindre et le ressort la rappelle à sa position initiale lorsque le courant cesse de passer. Si le courant qui impressionne le cylindre est un courant variable, par exemple celui émis par un transmetteur téléphonique sous l'influence de la voix humaine, ses alternances se traduiront donc par des mouvements alternés imprimés à la bande de métal. Et celle-ci les communiquera au diaphragme du téléphone auquel elle est reliée.

Les petites variations du courant primitif se traduiront par un son puissant dans le téléphone récepteur. On a donc ainsi un remarquable téléphone haut parleur.

Les applications de la science à l'industrie. — LA TÉLÉGRAPHIE SOUS-MARINE, LES MOTEURS D'AÉROPLANES (*X Information*, septembre 1921, *extraits d'un discours prononcé à Rouen*, le *1er août dernier*, *par* M. RATEAU, *membre de l'Institut*, *à la séance d'ouver-*

ture du Congrès de l'Association Française pour l'avancement des sciences). — L'idée de faire collaborer la science et l'industrie n'est pas nouvelle ; après la Révolution de 1789, c'est avant tout le concours énergique de ses hommes de science qui a permis à la France de triompher de l'Europe coalisée contre elle. Dans la guerre effroyable qui s'est terminée par notre victoire, l'action des savants n'a pas été moindre que du temps de la Révolution.

Les applications des sciences, comme les sciences elles-mêmes (sauf peut-être les mathématiques) prennent uniquement leur source dans l'observation des faits et l'expérimentation. L'empirisme aussi procède de l'expérience. Mais, il y a entre les deux cette différence capitale que l'empirisme accepte les faits, sans en scruter les détails, sans en varier les modalités, sans en rechercher les lois, tandis que la science, appelant à son aide les connaissances accumulées par nos devanciers, étudie l'expérience avec méthode, en mesure avec soin les effets dans des conditions variées, cherche à l'interpréter et à dégager les liaisons des faits entre eux et les lois des phénomènes, lois d'où l'on peut ensuite tirer des conclusions logiques et sûres.

On trouve un exemple frappant de l'application de la science dans le perfectionnement apporté à la télégraphie sous-marine par lord Kelvin (sir William Thomson).

Dans un câble sous-marin, les deux corps conducteurs, cuivre intérieur et fer extérieur, séparés par la couche isolante de gutta, constituent un condensateur, de capacité proportionnelle à la longueur du câble, susceptible d'emmagasiner de grandes quantités d'électricité. Au début des applications de télégraphie sous-marine, cette capacité ne fut pas gênante parce que la longueur des câbles était faible, par exemple de Calais à Douvres (1851), ou d'Angleterre à Irlande. Mais, quand, en 1858, on eut posé, avec combien de peines, le premier câble transatlantique de l'Irlande à Terre-Neuve, long de plus de 3.400 kilomètres, on fut étonné de la lenteur des transmissions. Un courant appliqué à une extrémité du câble, par suite de l'emmagasinement progressif de l'électricité dans la capacité, ne parvenait à l'autre bout que longtemps après ; la durée de transmission d'un signal bref est, en effet, proportion-

nelle au carré de la longueur du câble ; de plus, le signal arrivait très affaibli. Les appareils récepteurs habituels ne fonctionnaient pas bien. D'ailleurs, au bout de trois semaines, le câble lui-même cessa de fonctionner, sans que l'on sût au juste pourquoi : il n'avait transmis que 400 télégrammes composés de 4.359 mots.

De nouvelles études étaient nécessaires. Les Anglais, tenaces, ne se découragèrent pas, non plus le financier américain Cyrus Field, promoteur de l'entreprise. Sous la direction d'un homme comme Kelvin on était sûr d'aboutir. Bien préparé à l'étude de ces questions par ses travaux antérieurs sur l'électricité et sur la transmission de la chaleur, Kelvin établit la théorie par l'analyse mathématique et montra ce qu'il fallait faire pour sortir d'embarras ; il imagina des récepteurs très sensibles, composés d'un galvanomètre à aimant mobile, puis le « siphon recorder », à aimant fixe et cadre mobile, avec circulation d'encre électrisée qui inscrit le télégramme suivant une fine ligne sinueuse (appareil qui est encore utilisé aujourd'hui sur tous les câbles de grande longueur, avec quelques perfectionnements apportés par Muirhead). Et huit ans plus tard, après bien des vicissitudes, après la pose de deux nouveaux câbles, le succès fut complet ; la transmission était définitivement établie à la vitesse de 14 mots à la minute.

PÉRIODIQUES EN LANGUES ÉTRANGÈRES.

Le bureau suburbain de Londres (*Post office Electrical Engineers' Journal*, octobre 1921). — On vient d'ouvrir, au n° 11 de Norwich Street, à Londres, un bureau téléphonique qui déchargera le Central Interurbain de toutes les lignes interurbaines à courte distance.

L'équipement a été calculé en vue d'accélérer le service entre Londres et les localités de la grande banlieue. Un système d'appel par batterie centrale a été prévu, mais comme les lignes des abonnés n'aboutissent pas au suburbain, les relais sont d'un modèle beaucoup plus sensible que ceux qui sont généralement employés dans les centraux ordinaires à batterie centrale, ce qui facilite la transmission des appels sur les circuits qui ont une certaine longueur.

Les batteries sont constituées par deux groupes de 11 éléments (type L) renfermés dans des caisses doublées de plomb ; chaque groupe a une capacité de 1764 ampères-heures. Deux batteries auxiliaires de 4 éléments (du type S) renfermées dans des boîtes en verre, ont chacune une capacité de 293 ampères-heures. Elles fournissent le courant d'appel.

La table de mesures comprend deux positions ; elle est analogue aux tables de mesures des centraux à batterie centrale. Toutefois, on a aménagé, au-dessus de la table, 5 panneaux comprenant

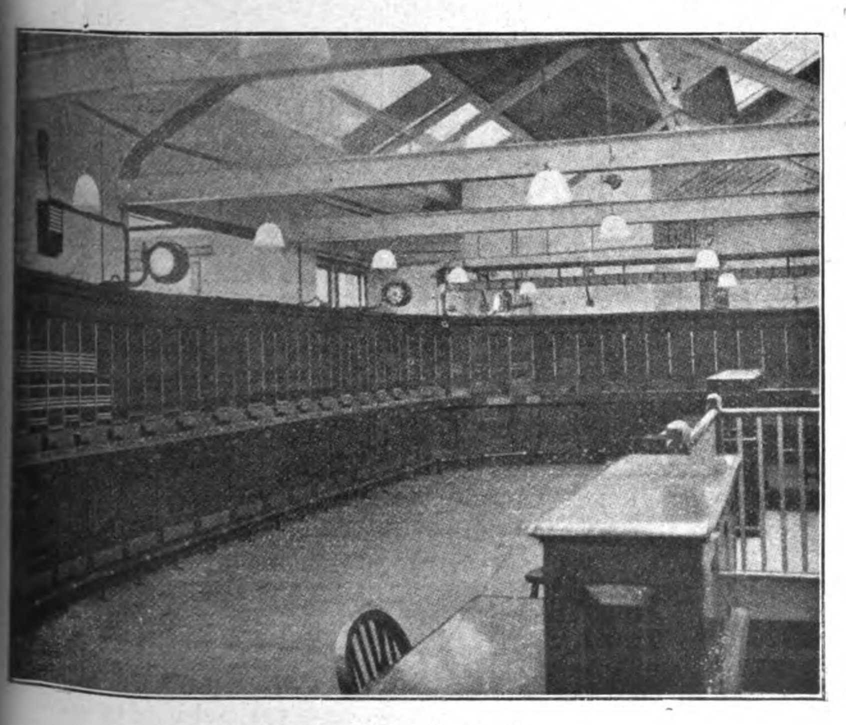


Fig. 1. — Une partie de la salle.

1.000 jacks additionnels à rupture servant aux essais. Ces jacks sont reliés par câble au répartiteur principal. Grâce à un système de commutation des circuits, les lignes choisies peuvent être reliées à la table des mesures via les jacks additionnels, ce qui permet de faire les essais sur les sections intérieure et extérieure d'une ligne quelconque en dérangement, directement de la table.

La salle de travail est située au troisième étage. Le tableau permet d'utiliser des jacks et des fiches du plus grand modèle ; il comprend 93 positions.

Les positions ont été classées en trois catégories :

1° Positions chargées des appels provenant du Central Interurbain ;

2° Positions chargées des appels originaires des centraux urbains de Londres ; on leur a donné le nom de « Control positions » ;

3° Positions chargées des appels originaires des centraux de la grande banlieue ; on les appelle positions d'arrivée (« Incoming positions »).

I. Les lignes provenant du central Interurbain écoulent le trafic qui transite à la fois par l'Interurbain et le Suburbain. Les communications empruntent des groupes de lignes auxiliaires aboutissant au Central suburbain sur des positions équipées comme les positions « B » des centraux urbains. Trois positions 1, 2, 3, munies chacune de 30 monocordes avec jacks à rupture seront chargées d'écouler ce trafic qui sera contrôlé par l'opératrice de l'Interurbain.

II. Les lignes venant des centraux urbains de Londres aboutissent à des jacks à lampes. Le trafic écoulé sur ces lignes sera contrôlé par l'opératrice du Central suburbain.

Les abonnés de la zone de Londres ont reçu la liste des centraux de province qu'ils obtiendront par l'intermédiaire du Suburbain; ils sont priés de demander le « Suburbain » lorsqu'ils désirent correspondre avec un abonné desservi par un de ces centraux. Lorsqu'elle reçoit une demande pour le Suburbain, l'opératrice « A » relie l'abonné appelant à une ligne auxiliaire du Suburbain disponible et l'opératrice de ce bureau, après avoir pris les renseignements utiles auprès de l'intéressé, enregistre la demande et achève d'établir la communication. Pour des raisons d'exploitation, on n'utilisera pas, sur ces circuits, de signal de fin échangé entre l'abonné de province et l'opératrice « A » de Londres.

III. Les lignes de la grande banlieue aboutiront à des jacks à lampes comme celles des centraux urbains de Londres. Toutefois, c'est au central de province que s'effectuera le contrôle des communications ; le Central suburbain ne tiendra pas la comptabilité de ce trafic.



Fig. 2. — Un angle du tableau.

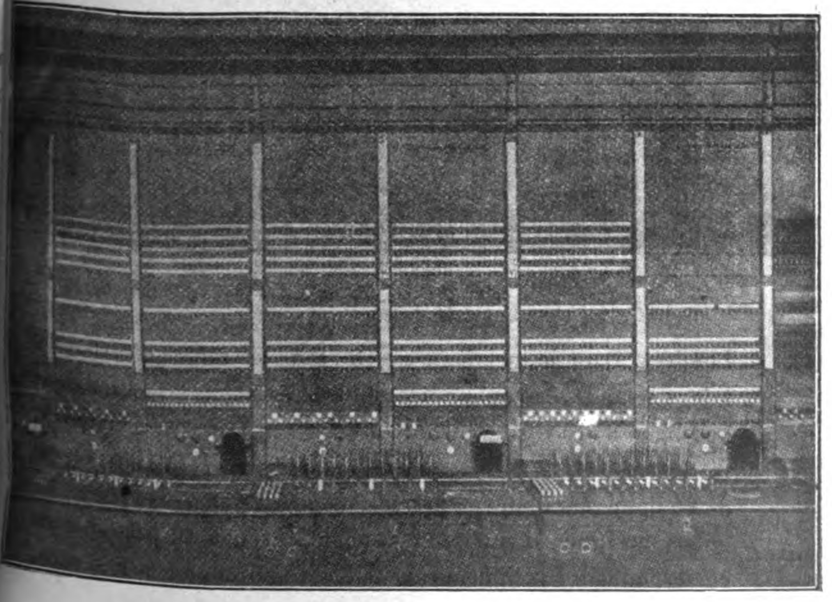


Fig. 3. — **Positions de contrôle vues de face.**

Comme on l'a vu plus haut, les positions 1 à 3, reliées au Central Interurbain par des lignes auxiliaires, seront utilisées : *a*) pour les appels originaires des centraux de province en dehors de la circonscription suburbaine et destinés à d'autres centraux desservis par le Suburbain ; *b*) les appels originaires des centraux reliés au Suburbain et destinés aux centraux desservis par l'Interurbain de

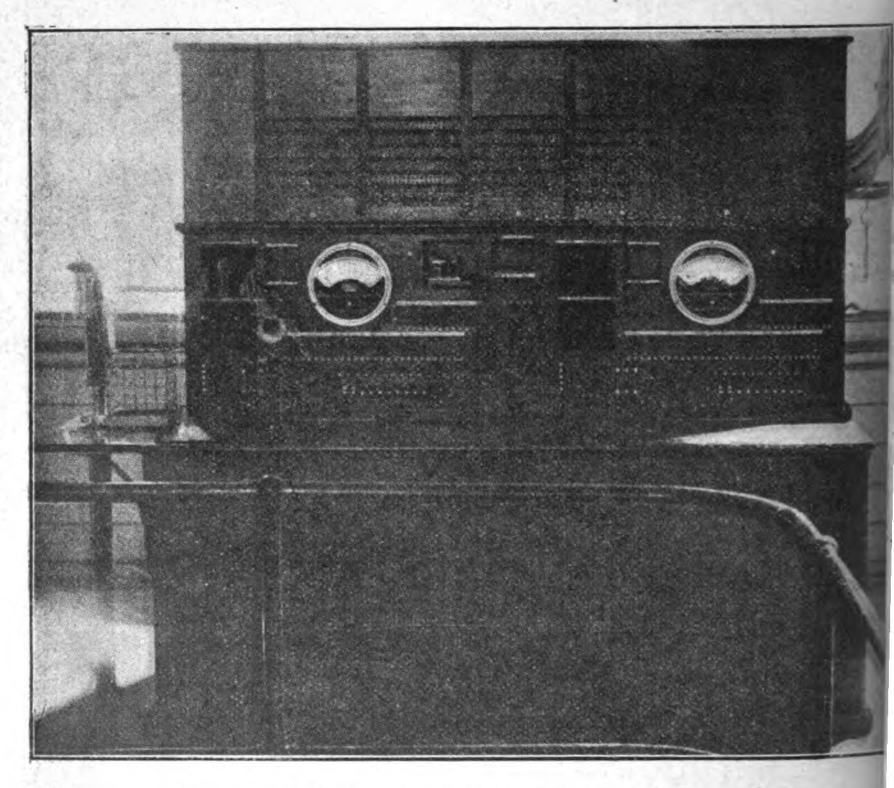


Fig. 4. — Table de mesures. En haut, les jacks additionnels.

Londres. Dans le deuxième cas (b), tous les renseignements relatifs à la demande de communication sont transmis à l'Interurbain sur une ligne d'ordre surveillée ; lorsque son tour arrive, l'appel est retransmis en sens inverse. Chacune de ces positions est pourvue de 30 lignes auxiliaires d'arrivée, comme l'indique la figure 6.

Les positions 4 à 63 comprennent chacune 10 jacks et lampes correspondant aux lignes provenant des centraux urbains de Londres.

Pendant la nuit et aux heures calmes, on peut concentrer ces groupes de lignes sur les positions 4 à 23, en se servant d'une clé montée au sommet de chaque panneau et commune à 10 ou 20 circuits.

La fig. 7 représente les connexions de ceux des circuits qui normalement sont reliés aux positions de concentration, tandis que ceux qui doivent aboutir à ces positions pendant la période de concentration sont représentés sur les figures 8 et 9. Chaque position est munie de 12 dicordes ; la fig. 10 représente les dicordes des positions 4 à 58, et la figure 11, ceux des positions 59 à 63. Les dicordes des positions 59 à 63 comprennent des dispositifs de contrôle et de fin de communication ; ces derniers sont nécessaires en raison de ce que les lignes d'arrivée doivent aboutir à ces positions pendant la période de concentration.

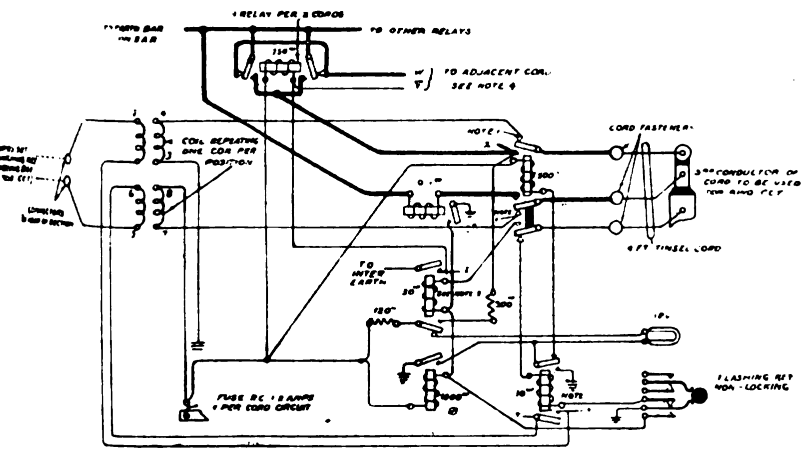


Fig. 5. — Ligne des positions d'arrivée des circuits interurbains.

Les positions 64 à 93, appelées positions d'arrivée, sont installées pour transmettre les communications originaires des centraux de province compris dans la zone du Suburbain de Londres. Chacune de ces positions est pourvue de 20 jacks et lampes de réponse. L'installation permet de renvoyer le trafic sur les positions 59 à 68 pendant la nuit.

La ligne qui aboutit normalement à ces positions est semblable à celles des positions (nos 4 à 23), sauf que le relais interrupteur a une

résistance de 2.000 ohms. De même, les lignes à concentrer comprennent des relais interrupteurs de 2.000 ohms (voir figures 8 et 9). Toutes ces positions comprennent 17 dicordes (voir fig. 11).

Les lignes auxiliaires de départ constituent un multiple à 6 pan-

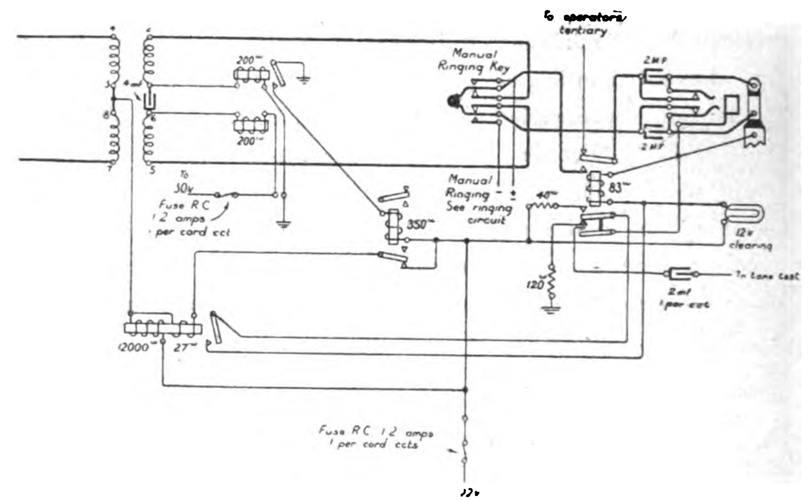


Fig. 6. — Lignes provenant de l'Interurbain de Londres.

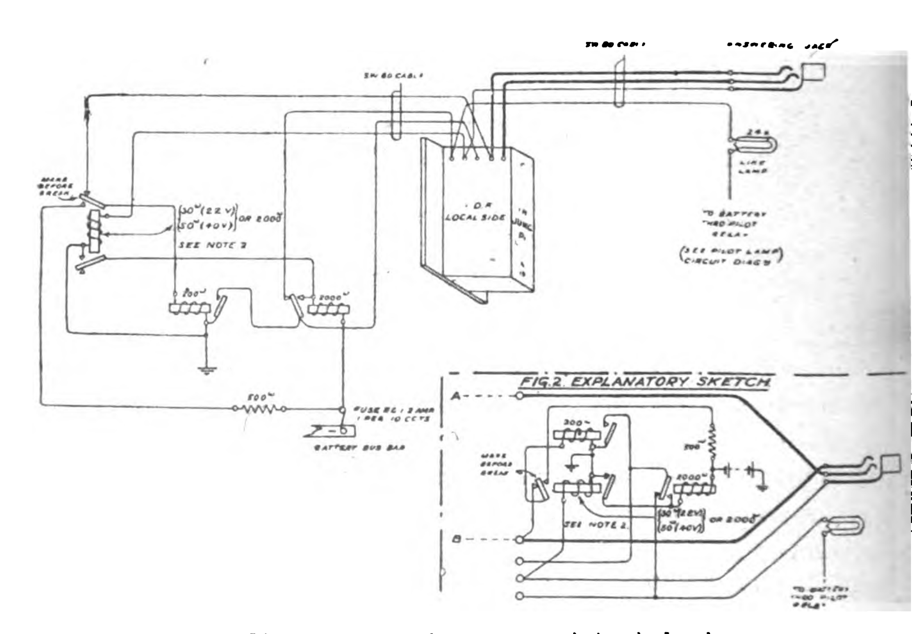


Fig 7. — Lignes provenant des centraux urbains de Londres.

neaux qui s'étend dans tout le central, y compris les positions d'angle. Il se subdivise en 3 groupes et comprend : 500 jacks multiplés, placés tout en haut du tableau, réservés au trafic à destina-

Fig. 8. — Lignes provenant d'un central urbain de Londres et des centraux de province, avec dispositifs de concentration.

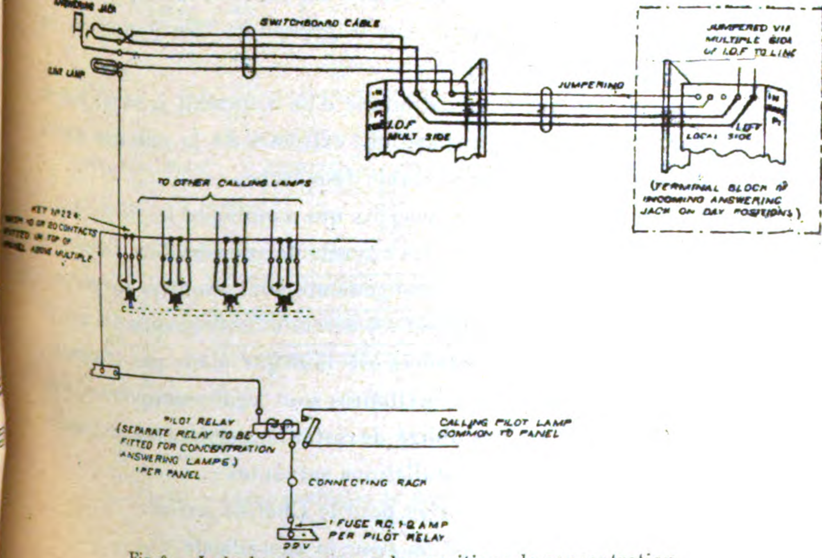


Fig. 9. — Jack de réponse sur les positions de concentration.

tion des centraux urbains de Londres ; 120 jacks multiplés placés immédiatement en dessous des premiers et réservés aux lignes auxiliaires de départ allant au Suburbain lui-même ; 380 jacks multiplés, placés tout en bas, réservés aux lignes allant aussi au Suburbain, mais cette partie est pourvue de dispositifs permettant de procéder à des tests sélectifs rapides (voir fig. 12).

Lorsqu'il y a 4 lignes de départ avec un central de province, ou lorsqu'il y en a davantage, elles sont divisées en groupes de quatre ; à chacun des groupes correspond un jack d'essai qui permet de s'assurer si un groupe est ou non occupé. Ce jack comprend un bouton métallique, de surface concave ; il se trouve en tête de chaque groupe de 5 jacks. Prenons par exemple un groupe de 16 lignes allant vers un central de province ; les jacks 0,5, 10 et 15 seront ceux qu'on utilisera pour faire le test sur les groupes.

Dans le cas où toutes les lignes suburbaines aboutissant aux 4 jacks qui suivent le jack d'essai sont occupées, l'opératrice entend un léger « clic » lorsqu'elle appuie la tête de la fiche sur le bouton. Si toutes les lignes du groupe ne sont pas occupées, ce signal d'occupation ne sera pas perçu et, comme on peut faire le test sur tous les jacks du groupe, l'opératrice, de proche en proche, trouvera une ligne libre. Lorsque le groupe entier est occupé, la téléphoniste procède de la même manière sur le groupe qu'elle peut utiliser en second lieu (voir fig. 12).

Une position sur deux est munie d'un dispositif servant à essayer les cordons ; de plus, les positions extrêmes de la salle sont munies de lignes d'essais reliées à la table de mesures.

On a prévu des signaux spéciaux qui annoncent les dérangements sur les lignes auxiliaires et les circuits de conversation. Des lampes qui s'allument en cas de dérangements sont montées sur les positions d'arrivée qui desservent les circuits interurbains. Un groupe de 40 clés de lignes auxiliaires est multiplé dans tout le central ; des clés d'appel sur lignes auxiliaires sont également prévues pour les cas où l'on n'est pas obligé de rester en permanence sur écoute.

Il existe en outre les installations suivantes :

1° Une table à une position pour le Chef de service ;

2° Une table à une position pour la surveillante ;

Fig. 10. — Dicorde des positions de contrôle.

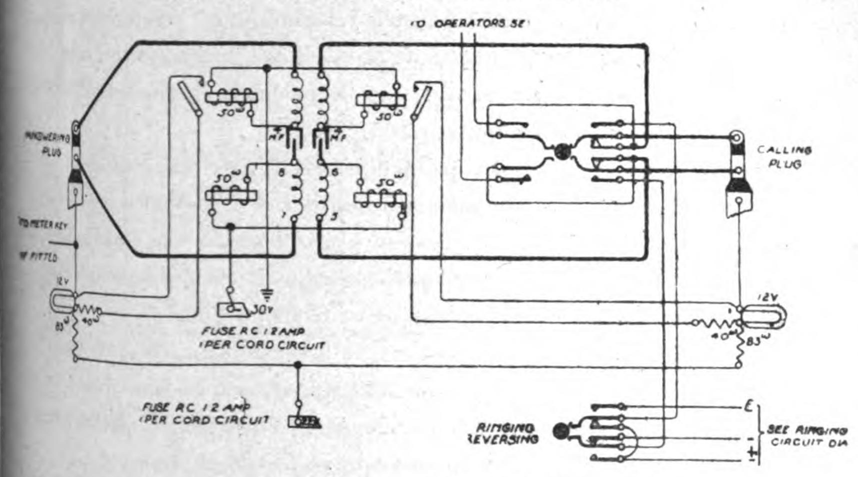


Fig. 11. — Dicorde sur positions d'arrivée.

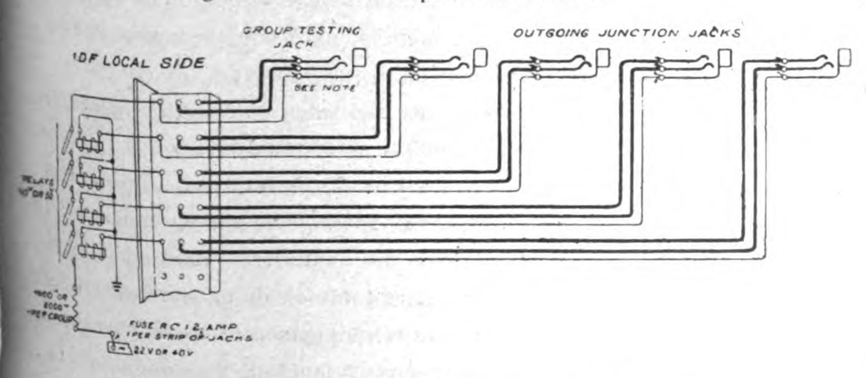


Fig. 12. — Ligne auxiliaire de départ avec dispositif servant à faire le test par groupe.

3° Une table à quatre positions pour le service des renseignements et des enquêtes.

Toute l'installation a été construite et mise en place par la « Western Electric C° » qui a bien voulu prêter les clichés des photographies qui accompagnent la présente communication.

Prix de revient et frais d'exploitation des installations téléphoniques (*Telephony*, octobre 1921). — Courbes représentatives des variations des prix d'achat, des frais d'exploitation et des salaires dans l'industrie téléphonique ; comparaison avec l'augmentation de la cherté de la vie. Les fournisseurs ont adopté des méthodes conservatrices. Les événements confirment les prévisions faites par l'auteur en 1917.

L'année dernière, au printemps, H. T. Mc Caig présentait à l'Assemblée d'Iowa un mémoire intitulé : « L'élévation des prix » dans lequel il traitait la question à un point de vue général, mais en s'efforçant de montrer quelle serait la répercussion sur les dépenses futures des installations téléphoniques. A ce propos, l'auteur du mémoire insistait sur la nécessité où l'on se trouvait, par suite de l'élévation de tous les prix, de bien se familiariser avec les chiffres *actuels* et de les comparer aussi bien avec les prix *d'avant-guerre* qu'avec leur *maximum d'augmentation*.

Le mémoire indiquait le pourcentage de l'élévation des prix pour toutes les marchandises. Toutefois, nous nous bornerons ici à étudier le mouvement des prix en ce qui concerne l'industrie téléphonique ; nous le représenterons par des courbes, qui permettent de se rendre plus facilement compte de la situation.

Nous avons demandé aux fabricants de matériel téléphonique et aux compagnies exploitantes des renseignements qui montrent quel a été le mouvement des prix des matières premières utilisées en téléphonie. Il n'est pas nécessaire toutefois de dresser le tableau des preuves fournies à l'appui des renseignements donnés ; une compagnie exploitante nous a transmis le montant des salaires pour une période commençant en 1906 ; un tableau reproduisant le mouvement ascensionnel des salaires sera très intéressant pour chacun de

nous. Le reste des données recueillies sera représenté exclusivement par des courbes.

Année	Chef d'équipe	Ouvrier des lignes aériennes	Ouvrier des lignes souterr^nes	Monteur	Épisseur de câbles	Aide-épisseur de câbles
1906	3611 $	305 $	1945 $	238 $	384 $	187 $
1907	»	»	»	256	432	»
1908	»	»	»	»	»	»
1909	»	»	»	»	457	192
1910	»	»	»	253	»	250
1911	3802	340	2066	3125	»	260
1912	4375	375	2187	»	»	286
1913	»	»	»	375	»	264
1914	»	»	»	»	»	»
1915	»	»	»	»	403	»
1916	4427	385	234	385	444	266
1917	4917	450	302	395	468	290
1918	5375	500	375	500	516	312
1919	6156	5719	4031	5719	6069	3929
1 janv. 1919 au 8 oct. 1921	7000	6750	5000	6750	6975	4563

On a étudié tout d'abord les variations du prix de revente des matériaux servant à la construction : ferrures pour traverses, traverses à 10 chevilles, isolateurs en verre, fil de fer ; fil sous gutta, poteaux de 10 mètres, cuivre ordinaire, prix moyen pour ces divers matériaux (voir fig. 1). Les courbes de la fig. 1 montrent qu'en général des diminutions appréciables ont suivi des augmentations sensibles. On trouve également sur cette figure les variations du prix de revente des matériaux fabriqués par la « Stromberg-Carlson Telephone Mfg C° ». Il est curieux de voir quelle a été la tactique des fournisseurs de matériel téléphonique en ce qui concerne le prix de ce matériel.

La fig. 2 représente les variations des salaires payés au personnel des services de construction de lignes par l'une des principales compagnies indépendantes des Etats-Unis. Les courbes ont été tracées en utilisant les données fournies par le tableau ci-dessus ; elles sont caractéristiques de ce qui s'est produit dans le monde du travail à

propos des salaires ; on constate que c'est le salaire de l'ouvrier le moins payé qui a été proportionnellement le plus relevé, et c'est justice, car le facteur de sécurité de cet ouvrier était le plus faible. La courbe n° 7 représente la moyenne de tous les salaires.

La fig. 3 donne une vue d'ensemble des plus intéressantes. Elle représente : le prix moyen de tous les produits ; le prix moyen de revente des matériaux de construction auxquels se rapportent les

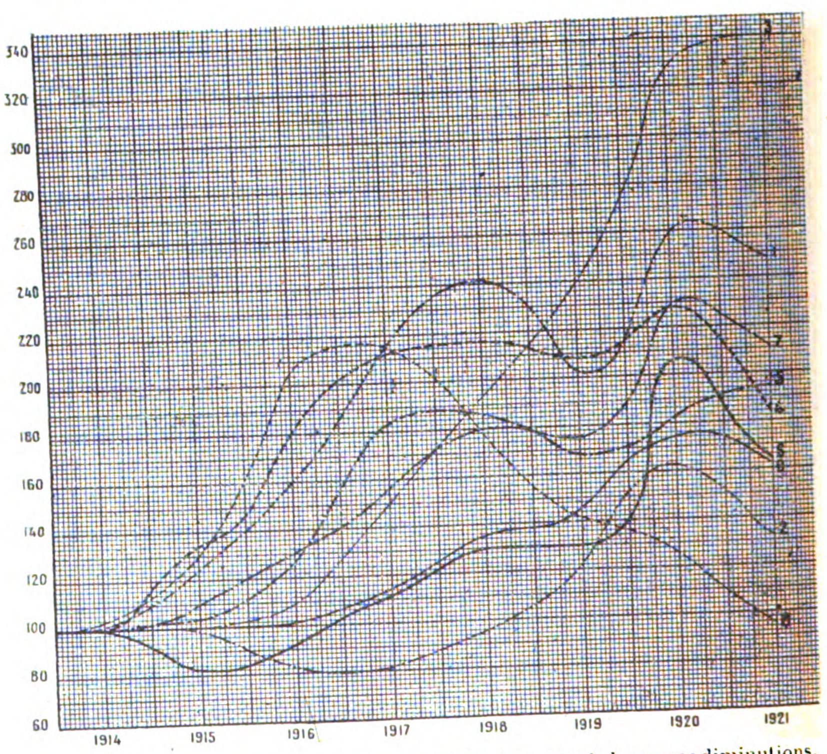


Fig. 1. — Des augmentations sensibles ont été suivies par de brusques diminutions.

Prix

1. Ferrures pour traverses.
2. Traverses à 10 chevilles.
3. Isolateurs en verre n° 15.
4. Fil de fer n° 12.
5. Fil sous gutta n° 671.
6. Poteaux de 10 mètres.
7. Moyenne de tous les matériaux servant à la construction.
8. Cuivre ordinaire.
9. Prix de la maison Stromberg-Carlson.

courbes de la fig. 1 ; les salaires horaires moyens représentés sur la fig. 2 ; le mouvement des prix de revente de la « Stromberg-Carlson Telephone Mfg C° » ; enfin la moyenne de la cherté de la vie à Rochester. On voit ainsi :

1° Que le prix moyen de tous les produits a augmenté de plus de 260 % pour retomber à environ 150 % au-dessus des chiffres d'avant-guerre ;

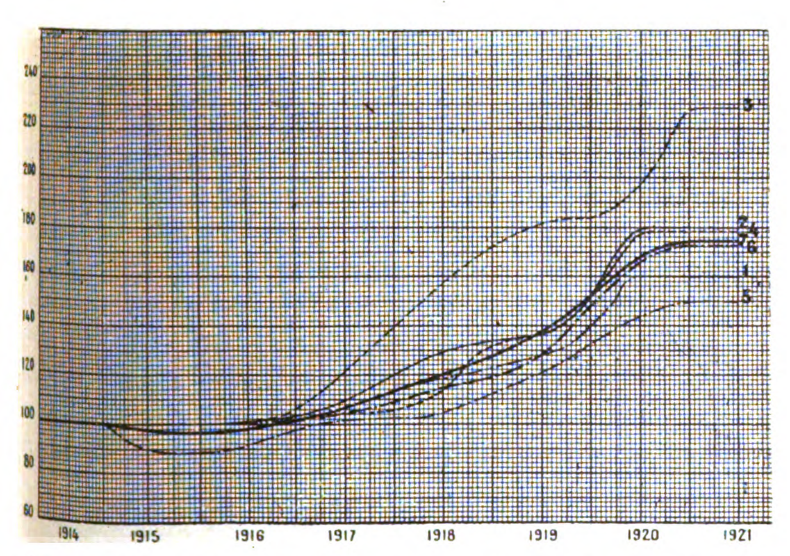


Fig. 2. — Courbes relatives aux salaires payés au personnel de construction par une importante Compagnie téléphonique.

SALAIRES.

1. Chef d'équipe.
2. Ouvrier des lignes aériennes.
3. — — souterraines.
4. Monteur.
5. Episseur de câbles.
6. Aide épaisseur.
7. Salaires horaires moyens.

2° Que le prix de revente du matériel de construction après avoir subi une augmentation de 230 % environ par rapport aux chiffres d'avant-guerre est redescendu à 210 % au-dessus de ces chiffres ;

3° Que le salaire horaire moyen est tombé légèrement en 1916, mais qu'il s'est relevé brusquement aussitôt après pour atteindre aujourd'hui 166 % du salaire d'avant-guerre. La légère diminution

est due probablement à ce qu'un certain nombre d'épisseurs ayant quitté la compagnie, celle-ci les avait remplacés par un personnel moins expérimenté;

4° Que le coût moyen de la vie à Rochester avait atteint 200 % des prix d'avant-guerre et qu'il n'est plus que 160 % de ces prix;

5° Que les prix de revente de la « Stromberg-Carlson Mfg C° » n'ont jamais été relevés dans la même proportion que ceux des autres produits et que le coût de la vie même; actuellement les prix de ladite compagnie sont inférieurs à ce dernier. En réalité, les prix de revente ont suivi de très près le niveau des salaires; ils ont commencé d'être relevés deux ans après l'augmentation générale; le maximum de relèvement a atteint 175 % des prix d'avant-guerre pour retomber à 160 %.

C'est parce que la compagnie Stromberg-Carlson a adopté le système qui consiste à baser les prix de revente sur les frais occasionnés par ses services que lesdits prix ont été lents à se relever.

Dans une communication faite à la « Southern States Independent Telephone Association » au mois de mai 1917, j'indiquais que les frais sur lesquels nous devions tabler étaient de 4 à 18 mois en retard sur les prix demandés sur le marché pour la main-d'œuvre et pour les matières premières; que nous nous basions sur les prix réels indiqués dans nos documents pour établir les prix de revente; que nous étions bien loin des prix actuels; enfin que si une baisse subite se produisait sur le marché, nos frais continueraient à courir sur l'ancien pied pour une période de 4 à 18 mois après la chute des cours.

Le passé a prouvé que la première partie de notre prédiction s'était réalisée; les courbes ci-jointes montrent que nos prix ont commencé à se relever deux ans après que l'augmentation était générale sur le marché. La deuxième partie de notre prédiction est donc justifiée.

Autant que nous pouvons le savoir, les prix de nos produits sont caractéristiques du mouvement des prix de tous les fabricants de tableaux et d'appareils téléphoniques, de cordons, de pièces détachées pour multiples et appareils téléphoniques.

S'il existe une industrie qui pouvait avoir toute confiance dans

ses fournisseurs c'est bien l'industrie téléphonique ; elle *devait* avoir cette confiance. Elle peut être fière à juste titre de ce que les industriels en téléphonie ont accompli au cours des cinq dernières années. Si les industriels en question avaient établi leurs prix sur les cours pratiqués sur le marché, ils auraient fait des affaires d'or

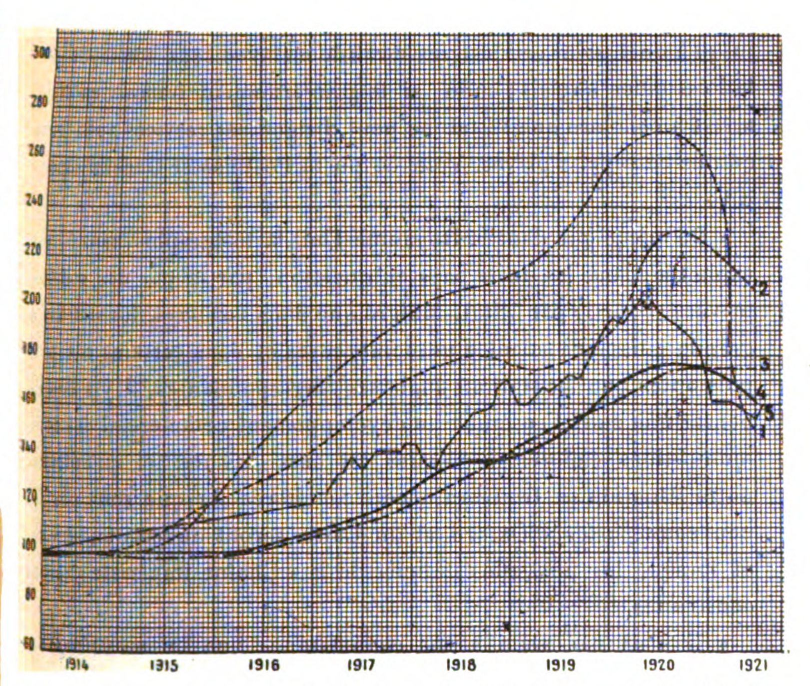


Fig. 3. — Graphique d'ensemble relatif au prix d'achat, aux frais d'exploitation et aux salaires.

Prix.

1. Moyenne pour tous les produits.
2. Moyenne pour le matériel de construction.
3. Salaires horaires moyens.
4. Prix de revente de la « Stromberg-Carlson Telephone Mfg C° ».
5. Coût de la vie à Rochester.

et seraient exempts des soucis de l'heure présente. En tout cas, la méthode conservatrice adoptée par les compagnies exploitantes en ce qui concerne les frais d'installation doit rallier les suffrages enthousiastes de tout le personnel.

Une réponse du Postmaster General à la Chambre des Communes au sujet de la T. S. F. (*Telegraph and Telephone Age*, septembre 1921). — Le 14 juillet, à la Chambre des Communes à Londres, on demandait au Postmaster General: s'il pouvait indiquer quels progrès avaient réalisés les compagnies de télégraphie sans fil des États-Unis, d'Allemagne et de France; jusqu'à quel point ces progrès rivalisaient avec ceux accomplis par le Post office anglais; enfin, si le gouvernement français en était arrivé à conclure que l'État ne peut diriger ses services aussi bien qu'une entreprise privée. Voici ce que le Postmaster General répondit :

« De même que dans le Royaume-Uni, la télégraphie sans fil est exploitée dans les trois pays en question, partie par des sociétés privées et partie par l'État. Malgré que dans ces pays, les stations à grande puissance soient plus nombreuses et dans certains cas plus puissantes que les stations anglaises correspondantes, il y a lieu de penser que dans l'ensemble le développement commercial des communications radiotélégraphiques est aussi avancé ici qu'ailleurs: notre situation se trouvera encore améliorée lorsque sous peu les nouveaux postes d'Oxford et du Caire seront ouverts au service, et lorsque les nouvelles stations de la « Chaîne impériale » seront construites.

« Il n'est pas venu à ma connaissance que le gouvernement français ait admis la conclusion suivant laquelle l'État serait incapable d'administrer ses services aussi bien qu'une entreprise privée.

Aux États-Unis.

« Aux États-Unis, les principales stations appartenant aux compagnies privées sont celles de la « Radio Corporation of America », qui sont situées à New Brunswick, à Marion, à Tuckerton, à Bolinas, à San-Francisco et à Kahuku dans les îles Hawaï. Les trois premières assurent le service entre les États-Unis d'une part, la Grande-Bretagne, la Norvège, l'Allemagne et la France d'autre part; celles de Bolinas et de Kahuku écoulent le trafic entre les États-Unis et le Japon. La plupart des stations de la « Radio Corporation » ont été déjà, ou vont être bientôt, pourvues d'alternateurs

de 200 kW. On dit que, grâce à la transmission automatique, elles peuvent écouler jusqu'à 50 ou 60 mots par minute, mais en fait elles sont exploitées manuellement à une vitesse moyenne de 20 ou 25 mots par minute, et nous croyons savoir que le total des mots transmis et reçus en une journée n'est pas supérieur à 15.000 mots soumis à taxation.

« La marine américaine possède et exploite les stations suivantes : Annapolis, Sayville, San Francisco, Honolulu, Guam, Cavite (Philippines), qui fonctionnent avec des arcs. Les quatre dernières sont utilisées par le gouvernement des États-Unis ; elles ne sont pas ouvertes au service privé, mais lorsqu'elles n'ont aucun trafic officiel à écouler, elles transmettent les télégraphes de presse au même tarif perçu par les postes privés pour les communications de l'espèce. C'est ainsi que les stations d'Annapolis et de Sayville écoulent vers la France un certain nombre de télégrammes de presse. En hiver, le service est assez satisfaisant, mais en été il souffre de perturbations occasionnées par les parasites. On a essayé dernièrement de recevoir en Angleterre les messages transmis par la station d'Annapolis, mais jusqu'ici l'audition est restée trop faible pour qu'on puisse songer à organiser un service régulier.

« La « Radio-Corporation », de son côté, vient d'élever à Long Island une nouvelle station qui comprend six installations distinctes (dont une de secours) groupées autour d'un central commun, et pourvues chacune d'alternateurs de 200 kW. Elles sont destinées à communiquer avec différents pays d'Europe.

En Allemagne.

« Les principales stations sont celles de Nauen et d'Eilvese qui appartiennent à la société « Telefunken ». Le service avec l'Angleterre, l'Italie et divers autres pays d'Europe est assuré par une station de moyenne puissance, propriété du gouvernement allemand et située à Königs-Wusterhausen, près Berlin. La station de Nauen, pourvue de trois alternateurs haute fréquence capables de fournir une énergie de 400 kW, sert à communiquer avec les États-Unis. En raison des parasites atmosphériques, ce service est loin d'être satisfaisant en été ; on dit qu'en hiver les communications

sont bonnes. La moyenne du trafic quotidien atteint 10.000 mots. On laisse à entendre que la puissance du poste sera incessamment doublée; il est même question de doubler l'installation.

En France.

Le service radiotélégraphique fonctionne entre la France et les pays ci-après : États-Unis d'Amérique, Grande-Bretagne, Espagne, Hongrie, Bulgarie, Roumanie et Yougo-Slavie. Le service avec la Grande-Bretagne et l'Espagne est assuré par la Société française radioélectrique; c'est l'administration des télégraphes qui assure les autres communications.

Les principales stations françaises sont celles de Bordeaux, Lyon, Nantes et la Tour Eiffel. La station de Bordeaux utilise un arc dont la puissance nominale est de 1.000 kW. Elle sert principalement à écouler le trafic avec les États-Unis. La moyenne des communications échangées pendant 24 heures atteint 14.000 mots, dont 1.000 avec la marine américaine. La station de Bordeaux assure également le service avec l'Afrique équatoriale (Rufisque), le Congo (Brazzaville) et Shanghaï. Ce dernier trafic est peu important (200 mots par jour environ); il est d'ailleurs limité à la transmission. L'accusé de réception des télégrammes transmis est reçu par câble.

Les télégrammes officiels échangés dans les deux sens avec les divers pays d'Europe s'élèvent à environ 13.000 mots par jour. On utilise fort peu en France la communication avec l'Angleterre appartenant à la Société française radioélectrique. Nous n'avons aucune donnée sur le service avec l'Espagne.

L'Armée française est en train de construire des postes de communications intercoloniales à Bamako (Soudan), Brazzaville (Congo), Tananarive (Madagascar) et Saïgon (Indo-Chine); mais ces postes sont loin d'être terminés. La Compagnie générale de T. S. F. a construit récemment une nouvelle station centrale radiotélégraphique à Sainte-Assise, près de Paris. Elle comprendra deux postes d'émission dont l'un servira avec les pays d'Europe et l'autre avec les pays extra-européens.

Comment certaines administrations téléphoniques étrangères établissent leurs prévisions d'avenir (*Telephone News*, septembre 1921). — Un habitant de Philadelphie se promenant avec un étranger de ses amis lui annonçait qu'avant la naissance de Benjamin Franklin, la rue du Marché était la plus commerçante de l'endroit. Aujourd'hui, n'importe quel membre de la Chambre de Commerce de cette ville aurait honte si le quartier commercial se réduisait à cette ancienne rue.

Nous sommes tous assez bons prophètes pour prédire que dans 10, 20, 30 ou mille ans, le téléphone, sous une forme ou sous une autre, sera un organe essentiel de la civilisation. En attendant, c'est le rôle de l'ingénieur, chargé de prévoir les extensions, de calculer le plus exactement possible le développement que prendront nos réseaux téléphoniques au cours des 10, 20 ou 30 années prochaines, afin de desservir pratiquement et économiquement le marché téléphonique tel que le prévoient les experts commerciaux.

Parmi le personnel placé sous les ordres de cet ingénieur, il y a deux sous-ingénieurs dont le travail consiste à étudier les conditions présentes pour en déduire l'avenir en tenant compte des chiffres et des faits. Vous pourrez trouver ces messieurs jonglant tous les jours avec des statistiques, traçant des courbes, dessinant des cartes, étudiant des rapports, etc...

Quelles sont leurs occupations? Ils préparent les *plans fondamentaux*; ils étudient les modifications à apporter aux installations actuelles pour faire face aux exigences futures du service téléphonique, de la façon la plus pratique et la plus économique aujourd'hui et plus tard.

Notre compagnie a acheté dernièrement à Philadelphie un terrain dont l'emplacement avait été « repéré » depuis longtemps par les auteurs du « plan fondamental ». Sans ce guide précieux le choix eût été moins heureux. Ce genre de plans sert en outre à éviter l'adoption de méthodes d'exploitation qui ne sauraient convenir à un réseau en voie de développement. Enfin, ils sont quelquefois très utiles pour solutionner des problèmes de nature commerciale.

Prévisions faites sur une base commerciale en ce qui concerne Pittsburgh.

Les données commerciales relatives au « plan fondamental » de Pittsburgh furent recueillies en 1914 ; elles s'appliquaient à la ville même ainsi qu'à un certain nombre de quartiers de la périphérie. L'étude embrassait une période de 20 ans ; elle fut conduite par l'ingénieur commercial assisté de plusieurs experts de l' « American Telegraph and Telephone C° » de New-York. On tint compte : de l'accroissement du nombre des abonnés jusque là ; de la population passée, présente et future ; des tarifs maxima éventuels ; du développement des facilités de transit ; de l'accroissement des affaires ; de la transformation des quartiers habités en quartiers d'affaires et enfin de la distribution des lignes et postes des abonnés définitifs. A l'aide de toutes ces données, on traça le plan de la ville en lui donnant l'aspect qu'elle aurait vraisemblablement en 1934 et à différentes époques intermédiaires :

On commença par recenser la population de la ville. Ceci fait, les experts visitèrent la ville en vue d'étudier dans quels quartiers les plus grands changements ou développements étaient susceptibles de se produire. Ils notèrent les quartiers où les maisons d'habitation étaient vraisemblablement appelées à se transformer en bureaux, car il en résultera une diminution du nombre des habitants. Là où les lignes des tramways et du chemin de fer souterrain étaient prolongées vers la banlieue, on tenait compte de l'accroissement inévitable de la population.

Puisqu'en définitive c'est la population et sa répartition qui influent le plus sur la nécessité du développement des réseaux téléphoniques, le succès des prévisions dépend surtout de la manière plus ou moins exacte dont on estimera la population future de la ville.

Voyons ce que fut l'accroissement de la population à Pittsburgh. Il y avait 432.825 habitants en 1890. En 1900, on en comptait 596.072 ; en 1910, 754.400 et en 1915, 808.186. D'après les prévisions, il y aura 1.171.900 âmes à Pittsburgh en 1934. En 1915, la ville comptait 167.629 foyers, dont 33.570 avaient le téléphone ; la

moyenne était donc d'un poste pour 5 familles. On comptait alors 24.795 maisons de commerce, dont 14.013 étaient abonnées au téléphone, soit une moyenne de un abonné sur deux maisons d'affaires.

On estime qu'en 1934, il y aura dans la ville 253.609 familles, dont 111.066 auront un poste à leur domicile particulier ou, en d'autres termes, qu'à la fin de l'ultime période envisagée, 43,8 °/₀ des familles seront abonnées au téléphone, ce qui représente en 19 ans une augmentation probable supérieure à 23 °/₀. D'après les prévisions, il y aura, en 1934, 33.197 industriels ou commerçants, dont 28.241 seront abonnés. Ainsi les hommes d'affaires seront abonnés dans la proportion de 85,6 °/₀ ; ce qui signifie, par rapport aux chiffres de 1915, une augmentation supérieure à 30 °/₀:

Philadelphie en 1940.

Lors de l'établissement des projets commerciaux relatifs à Philadelphie (année 1917), on estima que la ville compterait 1.848.000 âmes en 1920. Le recensement a donné pour cette dernière année : 1.822.000 habitants, soit un écart inférieur à 1,5 °/₀, par rapport à l'estimation primitive. En 1890, 205.135 familles résidaient à Philadelphie ; en 1917, il y en avait 374.000 environ. Les auteurs du « Plan » estiment qu'en 1940 (date extrême), la ville comptera 2.555.000 habitants appartenant à 568.000 familles. En 1890, une famille comptait en moyenne 5,10 personnes ; en 1919, 4,64 personnes ; en 1940, ce chiffre sera tombé vraisemblablement à 4,5. On en conclut qu'il faudra alors un nombre déterminé de maisons pour abriter ces familles et que 461.855 postes suffiront pour assurer normalement le service.

Les renseignements commerciaux sont transmis à l'ingénieur chargé de prévoir les extensions ; il s'efforce alors d'établir le « plan fondamental » suivant lequel on étendra, réorganisera les installations actuelles de la manière la plus rationnelle et la plus économique pour faire face aux besoins futurs, en ne perdant pas de vue que c'est pour une période de 20, 25 ou 30 ans qu'il faut calculer l'emplacement des centraux, les limites de leur circonscription respective et l'itinéraire des conduites pour câbles.

Puisque les données commerciales indiquent le nombre présumé

de lignes nécessaires dans tel quartier, on peut poser un nombre de conduites suffisant pour une période à venir de 20 ou 30 ans. On se rendra compte dans quelles rues devront passer les lignes pour éviter des frais de construction inutiles ; on décidera quel calibre devront avoir les fils et les câbles ; on déterminera le nombre et la distribution des lignes urbaines et interurbaines qui desserviront les futurs abonnés.

Un des ingénieurs s'occupe spécialement des locaux à bâtir, des installations à faire d'ici 10 ans ; un autre s'occupe de la période suivante. Le premier, secondé par un personnel compétent, revise les baux et conditions des contrats afin de s'assurer si leurs termes ne s'opposent pas aux travaux d'extension, de groupement ou de suppression de centraux, etc... De temps en temps, il examine les demandes justifiées des compagnies indépendantes, relatives au service interurbain, et approuve les conditions dans lesquelles les communications de l'espèce seront établies. En outre, l'ingénieur passe en revue les études faites sur l'équipement, l'aménagement, l'ameublement des centraux, afin de s'assurer si les conditions répondent ou non aux conditions exposées dans le programme général, revisé de temps à autre et approuvé par l'ingénieur en chef. Enfin, l'ingénieur en question et son personnel collaborent avec les services du Matériel et de l'Exploitation pour décider de la nécessité et de l'importance des transferts de ligne d'un central à un autre lorsqu'on ouvrira de nouveaux bureaux en vue de décongestionner certains quartiers. Avant la création du « plan fondamental », lorsqu'un central téléphonique était par trop encombré, les services techniques rattachaient certains groupes à un central de secours, n'envisageant ainsi que les seules dépenses immédiates. A la longue, ce procédé n'était ni le plus économique, ni le plus efficace. Tandis qu'aujourd'hui, ces transferts se font en tenant compte des nécessités futures.

Les nouveaux centraux ne se bâtissent pas en un jour.

On se livre encore à des études spéciales en vue de juger de la nécessité et de l'importance des transformations des locaux, de l'achat des terrains sur lesquels s'élèveront les nouveaux bâtiments qui abriteront les nouveaux services.

En outre, l'ingénieur dont il a été question plus haut compulse ses statistiques et établit un parallèle entre les frais qu'entraînera un développement des installations existantes suivant les deux systèmes : automatique et manuel. Il collabore avec les ingénieurs du service des lignes à longue distance de l' « A. T. et T. C. », notamment pour savoir s'il y a intérêt à construire un central commun tel que celui abrité dans l'immeuble Grant de Pittsburgh. Et lorsqu'il a terminé ces divers travaux, il frappe sur le dossier du « plan fondamental » en s'écriant : « Voilà un guide précieux ! »

Deux autres ingénieurs qui contribuent à tenir le « plan fondamental » au pair, examinent minutieusement les renseignements commerciaux de temps à autre, en vue de s'assurer si le développement des villes de Pittsburgh et Philadelphie s'effectue bien suivant les prévisions. Si pour une cause quelconque — telle que la guerre mondiale par exemple — il se produit un bouleversement des prévisions ou bien si le développement prend une tournure inattendue, ils chargent l'ingénieur commercial de reviser ses données. Entre temps, les deux ingénieurs mentionnés ci-dessus étudient, au point de vue des dépenses à engager, la fermeture de certains centraux en service et la création de nouveaux centraux.

L'ingénieur des extensions trace des courbes qui représentent l'accroissement probable du nombre des lignes et des postes pour l'année, en ce qui concerne les bureaux desservant plus de 1.000 abonnés. Sur les mêmes feuilles, il trace la courbe de l'accroissement réel; tous les écarts sont soigneusement notés et l'on revise les prévisions de telle sorte qu'elles constituent pour l'avenir un guide plus sûr.

On établit également des statistiques et des schémas se rapportant aux extensions réalisées au cours des 10 années précédentes; on fait des prévisions d'avenir en tablant sur la moyenne des périodes précédentes couvrant 5 et 10 ans, et sur les variations à prévoir en raison des modifications des tarifs et des conditions économiques, du rattachement de tel quartier à tel nouveau central afin de remédier à l'encombrement, etc., etc.... Ce n'est pas en vain que l'ingénieur chargé des extensions recueille toutes ces données, car il doit collaborer avec tous les autres services et les aider à dresser les plans de leurs projets d'avenir.

La vérification périodique du « plan fondamental » prouve avec quelle rigoureuse exactitude les prévisions ont été établies. Les récentes transformations, toutes caractérisées par un remarquable esprit de prévoyance, d'économie et de décision font le plus grand honneur à l'ingénieur chargé des extensions et à son personnel.

Doublement du câble transpacifique (*The Electrician*, novembre 1921). — Les dispositions relatives au doublement du câble transpacifique sont prises à l'heure actuelle. Lorsque cette opération importante, dont le besoin se fait sentir, sera un fait accompli, non seulement le réseau de câbles, qui relie entre eux l'Australie et le Canada, sera renforcé, mais encore les risques d'interruption seront notablement réduits. On apprendra avec plaisir que le projet est réalisable sans que les gouvernements intéressés aient besoin d'accorder leur aide financière au « Pacific Cable Board »; on prélèvera les capitaux nécessaires sur les fonds de réserve qui s'élèvent aujourd'hui à 1.750.000 livres sterling environ. La guerre est pour quelque chose dans cette situation prospère, car les recettes, au cours des six dernières années, ont augmenté avec le trafic au point de permettre d'alimenter spécialement la caisse de réserve. Contrairement à ce qu'on aurait pu supposer, les deux sections les plus longues du câble (section Bamfield-Ile Fanning, la plus longue du monde à l'heure présente et section Ile Fanning-Fidji) n'ont jamais été interrompues pour une cause quelconque depuis qu'elles ont été posées voici 19 ans. C'est un joli record, qui fait honneur aux constructeurs de câbles anglais. A la longue, les risques d'interruption n'auraient fait que grandir ; par conséquent, le deuxième câble constitue une précaution indispensable contre toute interruption éventuelle du service en même temps qu'une nouvelle facilité d'extension du trafic qui sera la bienvenue.

Influence sur les lignes à courant faible d'une ligne de transport d'énergie à 110.000 volts (*T. u F. T*, novembre-décembre 1920)

RÉSUMÉ

Une ligne de transport d'énergie à la tension de 110.000 volts et d'une longueur totale de 40 km. environ vient d'être mise en ser-

vice entre Lauchhammer et Riesa (Saxe). Des essais méthodiques très complets ont été faits par le Service d'Études du Reichspostamt pour déterminer l'ordre de grandeur des troubles produits sur les lignes télégraphiques et téléphoniques voisines ; les résultats obtenus présentent un grand intérêt au moment où la construction de lignes d'énergie à très haute tension est à l'ordre du jour.

Les essais ont mis en évidence les points suivants :

Les lignes à courant faible sont peu influencées quand l'isolement des deux catégories de lignes (téléphoniques et d'énergie) est satisfaisant et quand la ligne d'énergie est exploitée dans des conditions normales ; dans ce cas cependant les harmoniques de la ligne d'énergie peuvent produire des bruits gênants dans le téléphone.

Quand des pertes à la terre se produisent sur l'une ou l'autre ligne, les troubles deviennent très intenses et rendent toute communication impossible.

Des rotations ont été faites sur la ligne d'énergie, où les fils sont permutés à intervalles réguliers ; les rotations diminuent notamment les troubles produits par le fondamental et les harmoniques, sauf ceux multiples de 3. En cas de dérangement les rotations n'ont plus aucun effet ; les troubles sont aussi intenses qu'ils le seraient si la ligne d'énergie n'était pas pourvue de rotations.

Les décharges par effluves qui se produisent sur la ligne à 110.000 volts amorcent sur les lignes voisines des oscillations propres qui troublent les communications.

Les bobines de décharge ne peuvent pas être employées sur les circuits téléphoniques ; elles ont l'inconvénient d'augmenter leur affaiblissement et, en outre, elles ne remédient qu'imparfaitement aux troubles.

Il y aura lieu de généraliser à l'avenir les mesures suivantes qui intéressent les constructeurs des lignes d'énergie :

emploi de machines ne donnant pas d'harmoniques aux différentes charges,

généralisation des rotations sur les lignes d'énergie,

réduction des capacités des transformateurs et des alternateurs.

§ 1. Tracé et caractéristique de la ligne haute tension

La ligne triphasée est à 110.000 volts (64 kv. de tension étoilée); deux lignes à 3 fils chacune sont portées par les pylônes; dans sa zone d'influence se trouvent de nombreuses lignes à courant faible; il était donc nécessaire d'étudier la nature et l'importance de l'influence de la ligne haute tension sur ces lignes.

L'énergie est produite à Lauchhammer par des turbo-générateurs à vapeur, qui donnent l'énergie à la tension de 5.000 volts élevée ensuite à 110 kv.; à cette tension l'énergie est transportée à 50 km. de distance. La puissance actuelle est de 5.000 kw. avec $\cos \varphi = 0,8$; la puissance totale prévue est de 20.000 kw. Les conducteurs sont des torons de 7 brins en cuivre électrolytique de 6 mm^2 de section. La portée est en moyenne de 150 mètres, les appuis ont une hauteur d'environ 18 mètres; ils sont reliés à la terre et munis d'un paratonnerre à pointe dont la corde de mise à la terre a 50 mm^2 de section. La fréquence est de 50.

Les fils de chacune des deux lignes sont groupés de chaque côté des pylônes; ils forment un triangle équilatéral de 1 m. 78 de côté. Pour la haute tension il était nécessaire de charger également les diverses phases; il fallait pour cela que, dans les diverses phases, la capacité par rapport à la terre fût la même, et que la capacité mutuelle fût également la même en tenant compte de la présence de l'autre ligne. Ce résultat a été obtenu par des rotations régulières de chacune des lignes. Dans une section, de 13,5 km., qui forme la longueur d'une *section de rotations*, les fils sont permutés tous les 4,5 km., de sorte que chacun d'eux occupe successivement la position du haut, de côté et du bas, et que, à la fin de cette section, la disposition initiale des fils se retrouve. La longueur d'une section de rotation étant de 13,5 km. pour cette ligne est de 4,5 km. pour l'autre ligne où les fils sont permutés tous les 1,5 km. Tous les 13,5 km. les deux lignes sont équilibrées l'une par rapport à l'autre et par rapport à la terre. Les rotations sont faites sur toute la longueur de la ligne de Lauchhammer à Riesa. Pour que la symétrie soit mieux assurée, la section qui avait tourné tous les 1,5 km.

dans la première section de 13,5 km. tourne tous les 4,5 km. dans la section suivante. On verra plus loin quel est l'intérêt de cette disposition au point de vue des lignes à courant faible.

La ligne à haute tension a été très soigneusement construite, de façon à se trouver presque partout en alignement droit, et à l'écart des arbres, de sorte que les troubles éventuels ne soient pas imputables à un vice de construction. Il pourrait cependant se produire des courts-circuits. La traverse inférieure est pourvue d'un dispositif de garde relié à la terre ; en cas de rupture, les fils le rencontreront avant de toucher le sol. Il arrive que des oiseaux de proie se perchent sur ce dispositif et que, en battant des ailes, ils mettent en court-circuit les deux fils. De même, il arrive que des oiseaux bâtissent leurs nids dans la traverse supérieure, ce qui amène des brins de paille au contact des fils. L'expérience fera connaître si les courts-circuits passagers occasionnés par ces diverses causes produisent des troubles sur les lignes du Reich.

Aux points de croisement avec la ligne haute tension, les lignes à courant faible sont protégées par un pont métallique en fer qui entoure la ligne d'énergie sur trois faces. Aux croisements avec les réseaux secondaires à 60 kv. et 15 kv., on a employé, comme protection, la suspension du fil d'énergie par un dispositif qui le met à l'abri des ruptures, ou la mise en câble de la ligne téléphonique.

§ 2. Lieu et nature des recherches

Les essais ont été faits à Gröditz; comme cette localité ne se trouve pas au milieu de la ligne, il a été nécessaire de faire en outre, des essais à chacune des extrémités. Entre Gröditz et Riesa, le long du canal pour le flottage, se trouvait une ligne téléphonique, portant des circuits en fils de bronze de 1,5 mm. qui pouvait avantageusement être utilisée pour les mesures. De l'autre côté de Gröditz cette ligne était prolongée sur une longueur de 15 km., de sorte que les essais permettaient d'étudier l'influence d'une section de 13,5 km. pourvue de rotations. La position de la ligne d'essai par rapport à la ligne haute tension et les diverses particularités de ces deux lignes sont indiquées sur la figure 1.

Les essais ont porté principalement sur : les troubles apportés par la ligne haute tension aux lignes à courant faible ; l'influence des rotations de la ligne d'énergie sur les troubles (augmentation ou

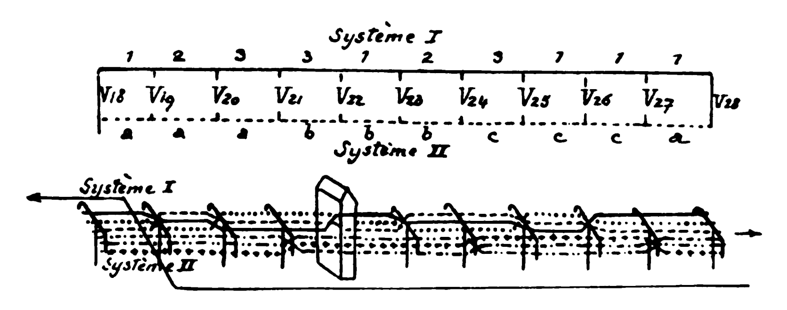


Fig. 1. — Système I. Système II. Relations de la ligne H. T., et leurs positions par rapport à la ligne de mesure.

diminution) ; l'importance pour les lignes à courant faible d'un court-circuit dans la ligne d'énergie ; la production d'oscillations de haute fréquence et leur cause ; l'influence de la capacité par rapport à la terre des transformateurs à haute tension, etc.

§ 3. Influence observée des lignes haute tension sur les lignes de l'administration des télégraphes du Reich

Par mesure de précaution, le service fut arrêté sur les lignes téléphoniques qui se trouvaient au voisinage immédiat de la ligne à haute tension ; il fut continué sur celles qui se trouvaient à plus de 300 mètres de cette ligne, même sur toute la longueur du parallélisme. On a constaté que ces lignes ne sont pratiquement pas influencées quand la ligne haute tension est en bon état, que les interrupteurs de cette ligne ne fonctionnent pas et que les lignes à courant faible sont elles-mêmes en bon état. Ces conditions doivent être réalisées en même temps. Mais, dans ce cas, l'influence de la ligne haute tension peut encore être appréciable.

a) *Influence des harmoniques du réseau haute tension.* — On reçoit les *harmoniques* dans le téléphone. Leur nombre peut être considérable si la forme de la courbe de courant de la génératrice est mauvaise, ou si la réaction du moteur est trop forte. En surveillant

les lignes téléphoniques voisines de la ligne d'énergie, on a pu découvrir les harmoniques suivants : 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 33, 41 (le fondamental est de fréquence 50). Le troisième harmonique (3, 9, 15, 33) semble se produire en cas de perturbations dans l'installation à haute tension. L'harmonique 7 provient de la réaction des gros moteurs de laminoirs, installés à Gröba, qui produisent le bruit caractéristique du démarrage dans les lignes en essai. De tous ces harmoniques, ceux qui apparaissaient le plus fréquemment étaient les 7e, 13e, 19e, 33e.

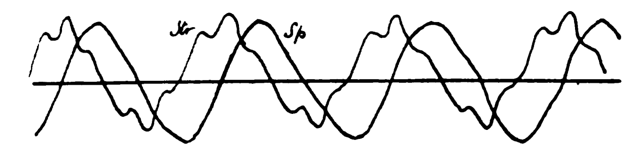


Fig. 2. — *Str* = courant de 1 amp. de la ligne haute tension (avec harmonique 5 ; *Sp* = tension étoilée.

Si l'on considère comme inévitable la production d'harmoniques dans les lignes à courant faible, il ne faut pas oublier que, en raison de la multiplication des lignes d'énergie, il s'ensuivra une diminution sérieuse de la qualité des communications téléphoniques ; en outre les harmoniques empêcheront d'une manière absolue l'emploi de la téléphonie multiple.

Il convient donc d'attirer l'attention de l'industrie électrique sur la nécessité de réduire ces troubles par harmoniques, d'améliorer la construction des générateurs et de réduire au minimum, par une construction appropriée des commutateurs, l'entrée des harmoniques dans les lignes à haute tension. Il faut encore avoir soin que ces mesures restent efficaces pour chaque valeur de la charge des générateurs, notamment aux faibles charges où les courbes de courant et de tension sont plus mauvaises qu'à pleine charge.

Les oscillogrammes illustrent ce qui se passe aux différentes charges.

Pour un débit de 1 ampère, les courbes de tension et de courant sont très mauvaises ; on voit distinctement sur la courbe de courant l'harmonique 5 (fig 2).

Pour 5 ampères les courbes sont meilleures (fig. 3), mais au voi-

sinage de 20 ampères, elles paraissent parfaitement sinusoïdales (fig. 4). Il convient de remarquer qu'une oscillation imperceptible sur l'oscillogramme (de 1 °/₀ de la tension étoilée, par exemple), cor-

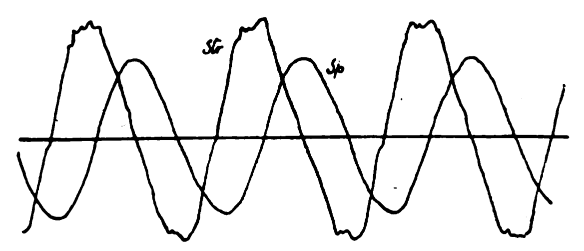


Fig. 3. — *Str* = courant de 5 amp ; *Sp* = tension étoilée.

respond à une valeur de 640 volts. Comme pour le n^e harmonique la résistance apparente de la capacité (entre la ligne haute tension et la ligne à courant faible) tombe au n^e de ce qu'elle est pour le fondamental, on voit que l'importance des troubles augmente avec le rang de l'harmonique.

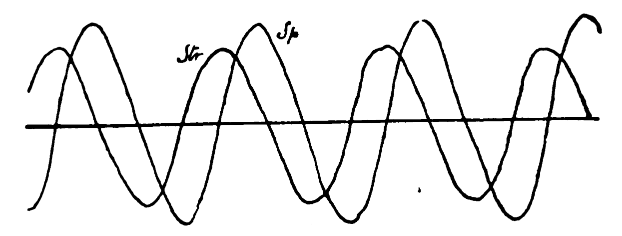


Fig. 4. — *Str* = courant de 19 amp ; *Sp* = tension étoilée.

b) *Troubles par défauts d'isolement de la ligne à courant faible.* — Aussitôt que des pertes se produisent sur les lignes à courant faible, les troubles acquièrent une intensité considérable, même à une grande distance de la ligne d'énergie. De telles pertes ne peuvent pas toujours être évitées. Elles se produisent souvent dans les paratonnerres, qui se trouvent mis à la terre quand ils ont fonctionné. La mise à la terre en un point d'une ligne double bien isolée par ailleurs gênerait à peine le trafic s'il n'y avait pas de ligne à courant fort. Au voisinage d'une ligne haute tension, il peut en résulter un courant de trouble important. Une dérivation de la ligne E. 11.380 Riesa-Kottbus (qui est parallèle à la ligne haute

tension sur une longueur de 10 km., et à une distance moyenne de 300 mètres) était mise à la terre à Gröditz par le circuit de mesure de l'oscillographe (fig. 5). Le courant qui passait par ce circuit

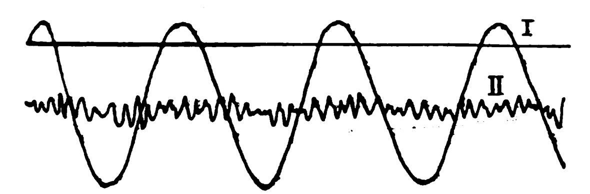


Fig. 5. — I = tension ; II ligne 11.380.

était de 0,5 m. A ; le courant qui traversait les récepteurs était tel qu'il rendait toute conversation impossible. Ce courant comprenait principalement l'harmonique 13 de l'onde fondamentale de fréquence 50 ; la fréquence était donc de l'ordre de celle des courants téléphoniques ($\omega = 2\pi\ 13{,}50 = \sim 4.000$). L'isolement de la ligne double (4,2 megohms par km.) n'était pas en cause. Quand la mise à la terre était supprimée les conditions redevenaient normales et la communication ne laissait pas à désirer.

c) *Troubles par défauts du réseau haute tension.* — Les défauts du réseau haute tension, notamment les courts-circuits à la terre rendent le trafic impossible sur les lignes téléphoniques. On s'en est particulièrement rendu compte au bureau de Riesa où toutes les lignes furent inutilisables à la suite d'un court-circuit à la terre sur l'une des phases. De même, la ligne privée de l'usine de Lauchhammer fut inutilisable pendant ce court-circuit ; cette ligne relie Lauchhammer à Riesa et se trouve à une distance de 1 à 2 km. de la ligne haute tension sur la plus grande partie de son parcours, sur une longueur de 500 mètres, elle s'en rapproche à 50 mètres et sur 5 km., elle n'est qu'à 250 mètres.

§ 4. Essais par circuits de mesure spéciaux

I. — *Efficacité des rotations.*

a) Généralités.

Pour étudier l'influence de l'installation à 110 kv., on effectua de nombreux essais sur les lignes de mesure (dont il a déjà été parlé) qui

avaient une longueur de 15 km. Les lignes de mesure étaient à une distance de 20 m. de la ligne haute tension, sur la section Gröditz-Marksiedlitz (poteau de rotation 22 à 28), et de 16 m. sur la section Gröditz-Kotschka. Au voisinage de chaque poteau de rotation de la ligne haute tension et à mi-chemin entre deux de ces poteaux, on avait placé des dispositifs de coupure dans la ligne de mesure. Les mesures étaient faites de temps à autre avec l'oscillographe.

Les valeurs des capacités sont les suivantes (fig. 6) :

	Système I Distance des poteaux		Système II Distance des poteaux	
	15,0 m.	20,0 m.	15,0 m.	20,0 m.
	Farad	Farad	Farad	Farad
C_{14}	12,5.10 — 11	9,5.10 — 11	13,3.10 — 11	10,2.10 — 11
C_{24}	9,8.10 — 11	7,6.10 — 11	17,3.10 — 11	12,8.10 — 11
C_{34}	12,6.10 — 11	8,9.10 — 11	14,2.10 — 11	10,0.10 — 11
C	2,8.10 11	1,7.10 — 11	3,6.10 — 11	2,7.10 — 11
C_{1+2}	19,4.10 11	14,8.10 — 11	26,6.10 — 11	20,0.10 — 11
C_{1+3}	21,8.10 — 11	15,9.10 — 11	23,8.10 — 11	17,5.10 — 11
C_{2+3}	19,5.10 — 11	14,3.10 — 11	27,3.10 — 11	19,8.10 — 11
C_m	20,2.10 — 11	15,0.10 — 11	25,9.10 — 11	19,1.10 — 11
$\sqrt{3}\,\frac{C_m}{C}$	12,7	15.5	12,6	12,3

Fig. 6. — Capacité mutuelle par km. entre ligne H. T. et ligne de mesure.

C_{14} désigne la capacité entre le fil 1 et le fil de mesure 4. C = capacité résultante entre la ligne haute tension et le fil 4. C_{1+2} = capacité résultante entre 1 et 2 d'une part et fil de mesure 4 d'autre

part quand le fil 3 est mis à la terre. C_m = moyenne de C_{1+2} C_{+}, C_{2+3} ; $\sqrt{3}\,\frac{C_m}{C}$ = chiffre de court-circuit.

b) Fondement théorique des mesures.

Les courants de charge d'une ligne d'essai isolée et mise à la terre en un de ses points, se composent des différentes intensités envoyées dans la ligne par chacune des sections de rotation. La capacité entre chacune des phases et le fil d'essai a été calculée par la formule :

$$C_{14} = \frac{\Delta\, 14}{18\, \Delta} \times 10^{-6} \text{ Farad/km.}$$ (*E. T. Z.*, 1913, n° 5, p. 117).

L'un des systèmes (II) tourne sa pointe du côté de la ligne d'essai, l'autre (I) tourne de même sa base. La capacité résultante se calcule par la formule :

$$C = \sqrt{C_{14}^2 + C_{24}^2 + C_{34}^2 - (C_{14}C_{24} + C_{14}C_{34} + C_{24}C_{34})}$$ (*loc. cit.*)

Les valeurs obtenues sont données au tableau précédent.

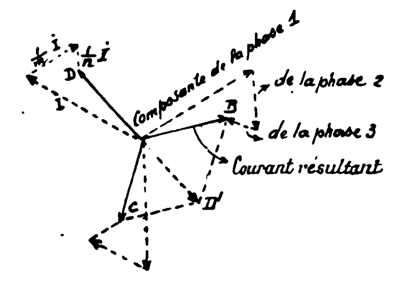


Fig. 7. — Diagramme vectoriel des courants dans les diverses sections.

Si l'on étudie maintenant l'influence de l'un des systèmes de la ligne à haute tension, par exemple II avec les phases 1, 2, 3, il est évident que la capacité mutuelle ne dépend que de la position relative des phases et de la ligne d'essai (à condition que les distances soient égales) de sorte que la capacité résultante de deux sections de rotation doit être la même. Les courants de charge des deux sections consécutives différentes ont la même intensité efficace, mais sont décalés de 120°. Si l'on trace le diagramme vectoriel des courants de charge, on obtient le schéma de la figure 7. Dans l'une des sections de rotation, le vecteur résultant des courants de capacité

peut être représenté par A B ; c'est la somme géométrique des courants de capacité dus aux trois phases. Le courant de capacité dans la section suivante peut être représenté par un vecteur A C égal à AB, mais faisant avec lui un angle de 120° : le diagramme des tensions et des courants est le même, mais la figure a tourné de 120°; la somme géométrique A D' de AB et de AC, représente le courant dû à l'influence des deux sections; comme le vecteur A D' est plus petit que AB, le courant total de ces deux sections est plus faible que celui dû à chacune d'elles. Dans la 3[e] section de rotation le diagramme des vecteurs a encore tourné de 120°. Le courant résultant A D est opposé à A D'; la résultante est nulle.

c) Résultats des essais.

α) *Influence du système à haute tension I.* — Les valeurs moyennes du tableau ci-après confirment les résultats de cette étude. A l'époque des essais il n'était possible de mettre sous tension que le seul système I; c'est pourquoi la plupart des essais ont été faits sur ce système ; tous les 1,5 km. les fils de phases changent de place ; le système II était généralement à la terre pendant les essais, mais on ne pouvait remarquer aucune différence quand la liaison à la terre était supprimée. Voir les détails au § 6.

Considérons d'abord la portion V_{21}-V_{24} qui comprend une rotation complète (3 sections). La section V_{21}-V_{22} n'a que 1.200 m. au lieu de 1.500, en raison de ce que c'est au poste de coupure de Gröditz que s'effectue la 22[e] rotation. Pour l'ensemble des 4 fils de mesures, le courant de charge sur cette section est de 19 mA ; pour 1.640 m., il serait donc égal à 0,26 mA, ce qui pratiquement concorde avec l'intensité (0,28 mA) du courant engendré dans la section V_{22}-V_{23} de même longueur. La portion suivante V_{23}-V_{24} a sensiblement la même longueur (1.550 m.). D'après les considérations qui précèdent, l'influence de la portion entière V_{22}-V_{24} devra donc être aussi grande que celle de V_{22}-V_{23} seule ; on a trouvé, en moyenne, pour V_{22}-V_{24}, 0,26 mA. Les deux portions V_{21}-V_{23} en concordance donneront donc 0,29 mA. Par contre, la portion V_{20}-V_{22} ne donne que 0,58 mA, c'est-à-dire deux fois ce que donne une seule section, parce qu'au point V_{21} aucun fil de phase n'est permuté (voir schéma

N° d'ordre	Portion de ligne	*Sont sous haute tension normale:* Système I — Courant de charge en mA dans le fil 1	fil 4	Syst. II — Cour. de charg. en mA d. le fil 1	fil 4	Les deux systèmes — Courant de charge en mA dans le fil 1	fil 4	Un seul fil de phase du système I mis à la terre — Courant de charg. dans le fil 1 (en mA) quand le système II est: à la terre	isolé	Remarques
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	$V_{21} - V_{22}$ 1200 m.	0,11	0,19	0,86*	1,6*	1,47	2,64	3,2	4,8	1 section du système I.
2	$V_{22} - V_{23}$ 1610 m.	0,17	0,28		2,3	0,95	1,90			—
3	$V_{22} - V_{24}$ ($V_{21} - V_{24}$ 1550 m.)	0,14	0,26	2,3	4,8	2,2	4,00	6,9	10,5	2 sections du syst. I.
4	$V_{21} - V_{26}$	0,09	0,16			3,6	6,5	9,2	15,2	1 rotation du syst. I, 1 sect. du syst. II.
5	$V_{21} - V_{27}$	0,13	0,24			4,2	7,5			2 rotations du syst. I, 2 sect. du syst. II.
6	$V_{19} - V_{24}$	0,09	0,17			1,3	2,3	24,4	37,4	3 rotations du syst. I, 1 rota. du syst. II.
7		0,16	0,29			2,5	4,5			1. Sur une longueur d'environ 1.000 m. entre V_{18} et V_{19}, le syst. II n'est pas entre le fil de mesure et le syst. I.
8	$V_{21} - V_{23}$	0,25	0,58							
9	$V_{20} - V_{22}$					0,45	0,82			
10	$V_{19} - V_{27}$	0,29	0,52			3,6	6,5	10,3	14,7	
11	$V_{19} - V_{22}$		2,61							
12	$V_{9} - V_{22}$		0,47		4,5		3,7	15,0	22,9	
13	$V_{22} - V_{23}$		0,25							
14	$V_{21} - V_{25}$ V_{22} jusqu'au poteau 126 par V_{23} (2650 m).			1,9						

* *Remarque:* Valeurs calculées dans les conditions indiquées sous le n° d'ordre 14.

fig. 1). Pour la section de rotation complète V_{21}-V_{24}, le courant atteint seulement 0,16 mA, c'est-à-dire que son intensité est infé-

rieure à celle d'une section sans rotation. En réalité, il devrait être nul, mais il n'en est pas rigoureusement ainsi parce que la portion V_{21}-V_{22} est sensiblement plus courte que les deux autres.

Pour deux sections de rotation, V_{21}-V_{27}, le courant de charge atteint encore 0,24 mA ; pour trois sections de rotation, il est de 0,17 mA, c'est-à-dire à peine la valeur d'une seule section. Comme dans le cas de circuits à haute tension non permutés les valeurs correspondantes seraient $6 \times 0{,}26 = 1{,}6$ mA et $9 \times 0{,}26 = 2{,}3$ mA, on voit que la permutation de ces circuits, dans des conditions normales d'exploitation a pour effet de réduire considérablement les troubles dus à la haute tension. *En considération de ce qu'un grand nombre de systèmes triphasés ont été construits sans rotations, il est nécessaire que l'administration des télégraphes allemands exige la permutation des conducteurs dans des conditions qui varieront suivant la tension de l'énergie transportée. Il conviendra de spécifier qu'aucune section de rotation ne devra être supérieure à 2 km. Dans le cas où deux systèmes à haute tension seront construits sur des appuis communs, la méthode de rotation appliquée sur la ligne Lauchhammer-Riesa pourra servir de modèle.*

Pendant ces essais, 4 fils ont été, la plupart du temps, montés en parallèle pour donner des intensités plus grandes. L'expérience prouve qu'on peut prendre 1,8 mA comme valeur moyenne pour un fil unique.

β) *Influence du système à haute tension II.* — Comme il n'existe aucun dispositif protecteur entre le système sous tension et la ligne de mesures, l'influence du système II est plus grande que celle du système I. Malheureusement, c'est au début des mesures seulement qu'on aurait pu étudier l'influence du système II (mais alors la ligne de mesure n'était pas achevée), car plus tard il devint indisponible pour cause de réparations. Lorsque celles-ci furent terminées, on se servit de ce système pour effectuer des mesures à l'usine de Lauchhammer, tandis que le système I fournissait le courant aux laminoirs. Par suite, on ne put qu'étudier l'influence simultanée des deux systèmes. D'après les indications consignées au tableau précédent (sous les nos. 1 et 14) on peut dire avec certi-

tude que le système II exerce sur les lignes de mesures une influence environ 8 fois plus grande que le système I.

Pour évaluer l'influence du système I, on a effectué un grand nombre de mesures à l'électrodynamomètre et à l'oscillographe ; les résultats (en tenant compte des conditions au moment des expériences) furent sensiblement les mêmes (voir colonnes 3 et 4 du précédent tableau). La question de savoir si, en ce qui concerne le système II, les mesures sont exactes, est résolue affirmativement d'après les considérations suivantes :

L'intensité du courant de déplacement (qui passe du système II sur le fil de mesure isolé puis gagne la terre à travers la capacité de ce dernier par rapport à la terre), est pratiquement déterminée par la résistance apparente très élevée de la capacité du triphasé entre ledit système et la ligne à courant faible. Par suite, ce courant ne varie pas si l'on met à la terre le fil de mesure isolé à l'autre extrémité. On obtient alors dans ce cas un courant de charge de 1,9 mA pour une longueur de 2 km. 650 (voir n° 14 précédent tableau). Si la ligne est isolée à chacune de ses extrémités, sa tension moyenne sera, d'après les mesures, de 305 volts. La formule $\frac{305}{1{,}9 \times 10^{-3}}$ donne donc la valeur de la résistance alternative $\frac{1}{\omega C}$ de la capacité du fil de mesure par rapport à la terre.

Donc $$C = \frac{1{,}9 \times 10^{-3}}{\omega\, 305 \times 2{,}65} \text{ farad par kilomètre,}$$

$$C = \frac{1{,}9 \times 1{,}10^{-3}}{2\pi 50 \times 305 \times 2{,}65},$$

$$C = 0{,}0075\ \mu\ \text{F/km}.$$

Cette valeur concorde avec celle indiquée dans le « Hilfsbuch für die Elektrotechnik » (8e édition, page 807), soit : 0,0065. Une série d'essais semblables ont confirmé cette valeur.

Si l'on calcule ensuite l'impédance $\frac{1}{\omega C_D}$ de la capacité du courant triphasé C_D (d'après la tension étoilée de 64.000 volts et le

courant de charge de 1,9 mA), on voit, en appliquant la formule $\mathcal{E} = \mathcal{I} \quad \mathcal{R}$, que la capacité C_D est, par kilomètre, égale à :

$$C_D = \frac{\mathcal{I}}{\omega \mathcal{E}} = \frac{1,9 \times 10^{-3}}{2\pi 50 \times 6,4 \times 10^{-4} \times 2,65} = 3,6 \times 10^{-11} \text{ farad.}$$

D'après le premier tableau, la capacité C_D du système II est, pour une portée de 20 m., égale à $2,7 \times 10^{-11}$ farad. Une fois de plus, le calcul et les mesures sont d'accord ; étant donné les conditions techniques spéciales, on ne saurait demander mieux.

γ) *Influence des deux systèmes I et II.* — Lorsque les deux systèmes sont sous tension, l'influence du système II est prépondérante au point que l'influence collective est déterminée par celle-là. C'est ce qui explique pourquoi la section V_{21}-V_{24} engendre un courant de charge pratiquement le même que celui des deux sections V_{21}-V_{24} et V_{24}-V_{27} (= V_{21}-V_{27}), soit suivant le cas 6,5 ou 7,5 mA. De plus on constate que, à l'intérieur de la section V_{21}-V_{24} (6,5 mA), les portions V_{22}-V_{23} (1,9 mA) et V_{22}-V_{24} (4 mA) font passer dans le fil de mesure un tiers ou les deux tiers du courant de charge total, suivant leurs longueurs respectives. V_{21}-V_{23} donne un courant de 4,5 mA, comparable à celui (4 mA) de la portion V_{22}-V_{24} de même longueur. Pour la section de rotations complète V_{19}-V_{28} le courant résultant n'est que de 2,3 mA pour les deux systèmes ; il serait au moins de $3 \times 6,5 = 20$ mA en chiffres ronds si les fils n'étaient pas permutés.

Reste la question de savoir pourquoi le système I n'exerce qu'une influence très faible comparée à celle du système II. On ne saurait en voir la raison dans la différence d'éloignement des deux systèmes par rapport à la ligne influencée, car cette différence est peu importante. D'après les valeurs mesurées des capacités résultantes pour des portées de 15 et 20 mètres, les effets produits par les systèmes I et II seraient dans le rapport de 1 à 1,5 (voir fig. 7)

$$\left(\text{pour 15 m. } \frac{C\ II}{C\ I} = \frac{3,6}{2,8} = 1,3 \text{ ; pour 20 m. } \frac{C\ II}{C\ I} = \frac{2,7}{1,7} = 1,6\right)$$

tandis qu'en réalité, ils sont dans le rapport de 1 à 8.

On trouvera une explication de cette différence à propos des mesures faites sur les fils à haute tension (voir § 6).

II. — *Modifications des troubles dans la ligne à courant faible comme conséquence des rotations de la ligne d'énergie.*

a) *Résultats et interprétation des mesures.* — Les rotations de la ligne d'énergie produisent dans les lignes de mesure des effets compensateurs. Lorsque les deux systèmes sont sous tension, la portion V_{19}-V_{27} de la ligne de mesure, par exemple, donne un courant de charge de 0,8 mA pour 4 conducteurs (voir tableau) : ce courant s'écoule vers la terre ; grâce aux rotations, son intensité est faible. Si l'on branche l'appareil de mesure directement sur la ligne, même lorsqu'elle est isolée aux deux extrémités et en cours de route, l'appareil enregistrera un courant de 5,7 mA.

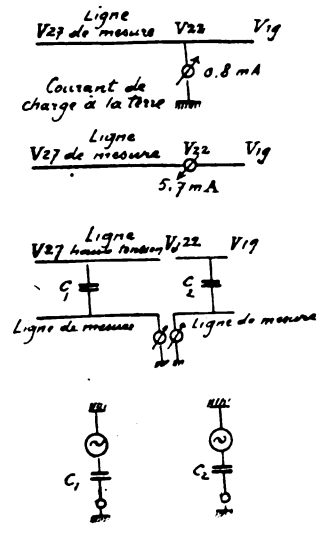


Fig. 8.

On comprend pourquoi si l'on ne perd pas de vue ce qui suit : la portion V_{27}-V_{22} de la ligne haute tension fait passer sur la ligne de mesure, à travers sa capacité en triphasé C_1, un courant de déplacement $\mathcal{I}_1$ (voir fig. 8). De même que pour la portion V_{22}-V_{19} du courant $\mathcal{I}_2$ à travers C_2. Si les conducteurs haute tension n'étaient pas permutés, $\mathcal{I}^1$ et $\mathcal{I}_2$ seraient en phase. Mais en général il n'en est pas ainsi. Donc, si $\mathcal{I}_1$ et $\mathcal{I}_2$ ne sont pas en concordance de

phase, il se produira, en couplant les deux portions en V_{22}, un courant de compensation qu'on pourra calculer de la façon suivante.

Le courant de déplacement est engendré par la tension étoilée $\mathcal{E}$. Celle-ci agit sur la ligne de mesure à travers la capacité en triphasé C. Toutes choses restant égales par ailleurs C ne peut être considérée comme constante que si les circuits ne sont pas permutés ; sa valeur, dans le cas présent, varie avec le nombre des sections. Si les rotations produisaient un effet idéal, C serait nulle pour une rotation entière (3 sections) par exemple. Mais, suivant le nombre des sections et l'efficacité de l'ensemble des rotations, on obtient un courant de déplacement plus ou moins important et possédant une phase déterminée.

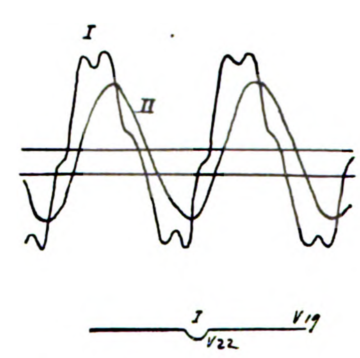


Fig. 9. — I. Courant de la ligne de mesure. V_{19}-V_{27}. V_{22} = 5,7 m Aeff.

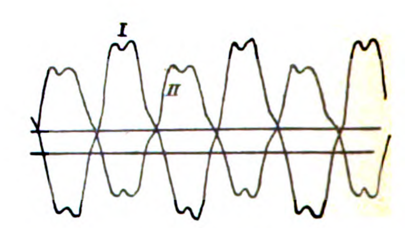


Fig. 10. — I. Courant de charge dans la ligne V_{22}-V_{27} = 5,2 mA eff. II. II. — d° sur V_{22}-V_{19} = 6,8 mA eff.

Dans les calculs, on ajoute intentionnellement l'angle de phase à la tension étoilée $\mathcal{E}$. Soit (sur la portion V_{27}-V_{22}), la tension étoilée $\mathcal{E}_1$ et (sur la portion V_{22}-V_{19}), la tension $\mathcal{E}_2$. $\mathcal{E}_1$ et $\mathcal{E}_2$ ont toutes deux la valeur maxima E. On peut écrire :

(1) $\mathcal{E}_1 \omega C_1 = \mathcal{J} = 5{,}2$ mA
(2) $\mathcal{E}_2 \omega C_2 = \mathcal{J}_2 = 6{,}8$ mA } voir aussi les courbes de la fig. 9.

Les capacités C_1 et C_2 ne changent pas, que la ligne de mesure soit mise à la terre au point V_{22} ou bien reliée à travers l'appareil de mesure et ensuite isolée par rapport à la terre. On sait, en effet (voir § 4, cβ), que l'intensité du courant de charge ne change pas,

lorsqu'une extrémité de la ligne de mesure est isolée ou mise à la terre, l'autre extrémité restant isolée. D'après le schéma de la fig. 11, on a, dans le cas d'une ligne de mesure $V_{27} - V_{19}$ reliée à la ligne haute tension :

$$\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 = \mathcal{I}\left(\frac{1}{\omega C_1} + \frac{1}{\omega C_2}\right), \dots\dots\dots\dots \quad (3)$$

$$\omega(\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2)\left(\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}\right) = \mathcal{I}$$

Comme on utilise les deux boucles de mesure dans le même sens, on voit, d'après la fig. 10, que $\mathcal{I}_1$ et $\mathcal{I}_2$ sont décalés de 180° ; de même, par suite, $\mathcal{E}_1$ et $\mathcal{E}_2$. Mais les valeurs de $\mathcal{E}_1$ et $\mathcal{E}_2$ sont égales entre elles ; elles ont pour expression la valeur $\mathcal{E}$ de la tension étoilée de la ligne haute tension. Le décalage implique pour le circuit du schéma, un montage en série des forces électromotrices utiles.

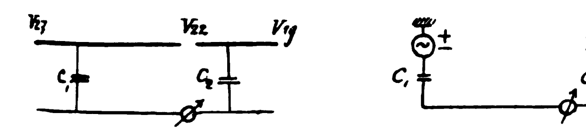


Fig. 11.

D'après la formule 3, on a :

$$\omega\, 2\, \mathcal{E}\, \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \mathcal{I}$$

ou, en appliquant (1) et (2) :

$$2\,\omega\, E \cdot \frac{\mathcal{I}_1\, \mathcal{I}_2}{\omega\, E\,(\mathcal{I}_1 + \mathcal{I}_2)} = \mathcal{I}$$

$$\frac{2\,\mathcal{I}\,\mathcal{I}}{\mathcal{I}_1 + {}_2\mathcal{I}} = \mathcal{I} = \frac{2 \times 5{,}2 \times 6{,}8}{12} = 5{,}9 \text{ mA} \dots\dots\dots \quad (4)$$

Les mesures donnaient 5,7 mA (voir la courbe de la fig. 9).

D'après les courbes (fig. 12 et 13), on voit que la concordance est aussi parfaite en ce qui concerne les deux portions $V_{28} - V_{22} - V_{19}$. Les courants, dans ces portions, sont décalés de 180° également (voir fig. 12). La valeur calculée est de 4,8 mA, la valeur mesurée de 5,1 mA (voir fig. 13).

Il est évident que l'angle de déphasage peut être différent en conséquence des rotations.

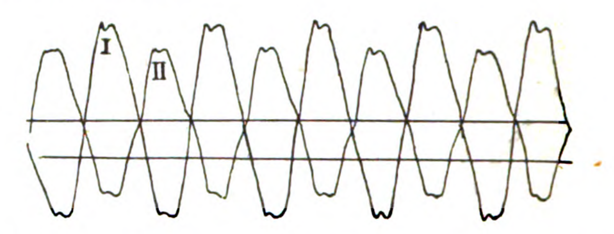


Fig. 12. — I = courant de charge sur la ligne de mesure V_{22}-V_{28} = 3,7 mA eff.
II. — d° sur $V_{22} - V_{19} = 6{,}9$ mA eff.

b) *Importance pour l'exploitation.* — L'exemple suivant montrera l'importance de ces phénomènes au point de vue pratique. Supposons que le fil de mesure $V_{27} - V_{19}$ soit un circuit télégraphique bifilaire à courant de repos et qu'il y ait un poste en V_{27}, V_{22} et V_{16}. Bien qu'il fonctionne sans prises de terre, ce circuit sera le siège de courants qui rendraient toute exploitation normale impossible, car, à l'état de repos, les appareils en V_{22} seront parcourus par un courant parasite d'environ 3,2 mA (c'est-à-dire pour une ligne la 1,8 partie de 5,7 mA, qui passera à travers l'appareil en V_{22}). On ne saurait étouffer complètement ce courant alternatif perturbateur au moyen de bobines de réactance, car sa valeur dépend de l'impédance apparente des deux capacités résultantes C_1 et C_2 couplées en série (voir fig. 11). D'après les formules (1) et (2), celles-ci ont pour valeurs respectives :

$$C_1 = 2{,}6 \times 10^{-10} \text{ farad}$$
$$C_2 = 3{,}4 \times 10^{-10} \text{ farad}$$

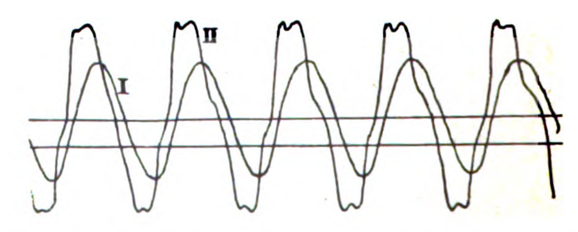


Fig. 13. — I. — Courant de charge dans la ligne de mesure V_{19}-V_{28} = 5,1 mA off.
II. — Tension étoilée.

L'impédance aparente de C_1 atteint 12 megohms et celle de C_2 9 mégohms, soit au total 21 mégohms.

A l'état de repos, les appareils en V_{27} et V_{19} ne subissent pas l'effet du courant parasite. Mais, avec le montage indiqué, si l'on abaisse le manipulateur en V_{22}, l'appareil en ce point sera parcouru non seulement par les courants de compensation des portions partielles de la section *a*, mais encore par les courants de charge de la section *b* qui trouvent un passage vers le fil *a*. La permutation des sections *a* et *b* ne serait évidemment ici d'aucune utilité. D'après la fig. 14 *b*, on voit que, par contre, on obtiendrait un résultat en chargeant symétriquement les deux branches au bureau V_{22}. Il faut donc relier à la branche *a* l'une des bobines de l'électro-aimant, et à la branche *b* l'autre bobine; on transmettra au moyen d'un manipulateur double. Puisque le courant de charge (←—) parcourt une bobine dans le même sens que le courant de la pile (←—) et l'autre bobine en sens contraire, on voit que l'effet sur les deux bobines sera pratiquement nul. Pour qu'au moment où V_{22} cesse de transmettre les bureaux V_{19} et V_{27} ne reçoivent aucun courant perturba-

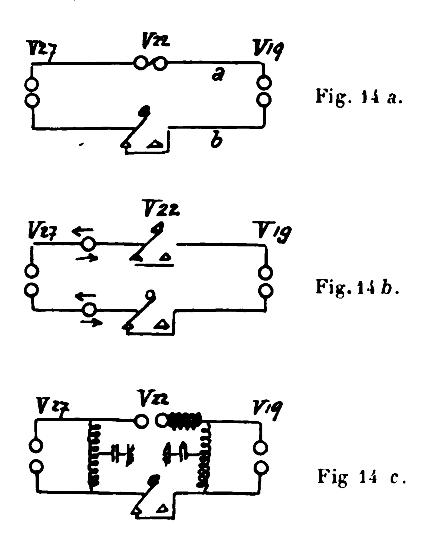


Fig. 14 *a*.

Fig. 14 *b*.

Fig 14 *c*.

teur, il faut que l'interruption se produise simultanément dans les deux branches. On voit, d'après la fig. 14 *c*, qu'un montage comprenant une prise de terre avec circuit résonant en avant et en

arrière du poste V_{22} serait bien meilleur ; on pourrait dans ce cas monter encore une bobine de réactance en série avec l'appareil ; elle dirigerait vers la terre une portion notable des courants perturbateurs.

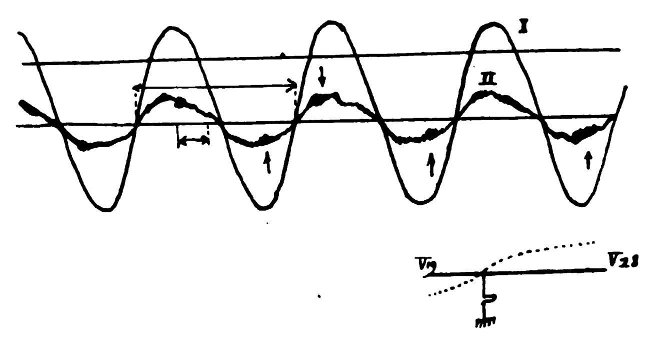


Fig. 15 a. — I = Tension composé.
II = Courant de charge de ligne V_{19} — V_{28}.

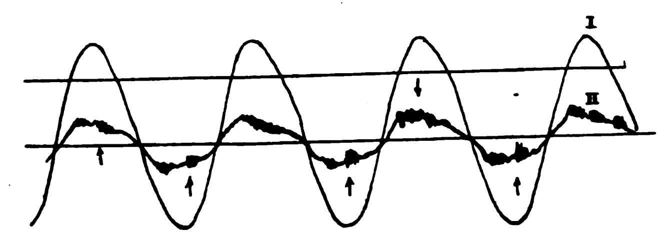


Fig. 15 *b*. — Comme figure 15 a. Fréquence = 5280.

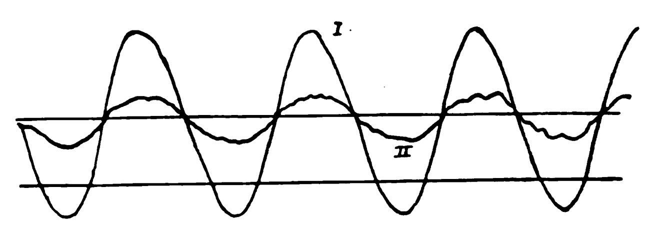


Fig. 15 c. — Comme fig. 15 a.

Un montage de ce genre conviendrait spécialement aux lignes télégraphiques servant à assurer le service entre les stations de la ligne à haute tension, car il peut arriver que l'appareil télégraphique soit branché en haut d'un poteau de rotation. C'est le cas ici.

pour le poste de coupure de Gröditz. Mais l'administration des télégraphes ne saurait adopter semblable équipement en raison de l'influence désastreuse qu'il exercerait sur l'exploitation (voir détails complémentaires au § 8).

III. — Influence des décharges par effluves sur les lignes haute tension.

Ces décharges proviennent de la grande densité du champ électrique à la surface des conducteurs haute tension. Elles se produisent au moment où la courbe de tension atteint le point critique correspondant à la ligne. Plus le diamètre des conducteurs est élevé, plus la décharge pour chaque alternance se produit tardivement et moins considérable est la perte d'énergie qui en résulte.

La ligne de Lauchhammer est le siège de décharges de ce genre; on peut entendre les crépitements à 20 ou 30 mètres de la ligne. *L'expérience a démontré que ces décharges pouvaient faire naître des oscillations dans les lignes voisines à courant faible.* En effet, au moment de la décharge, la haute tension qui agit sur la ligne à courant faible à travers le couplage par capacités, reprend brusquement sa valeur initiale, de sorte que l'énergie emmagasinée dans le condensateur est libérée partiellement, d'où la production d'oscillations propres dans le circuit existant.

Ces oscillations sont visibles sur la courbe de la fig. 15. On s'est borné à représenter seulement celles qui peuvent se produire à raison de 6 pendant la durée d'une oscillation fondamentale (comme on peut s'en rendre facilement compte), puisque chaque phase fait naître dans le circuit à courant faible, deux oscillations propres pendant une même période.

Si l'on essaie de vérifier par le calcul le résultat obtenu expérimentalement (d'après lequel la fréquence de l'oscillation propre serait de l'ordre de 5300 ∿ par seconde environ), on a, en partant des équations bien connues :

$$\lambda_{cm} = 2\pi\sqrt{C_m \, L_{cm}} \qquad n = \frac{c}{2\pi\sqrt{C\,L}}$$

où c représente la vitesse de la lumière.

Pour une longueur en mètres égale à l'unité, et pour une capacité C^m et une self-induction L^m par mètre de longueur :

$$n = 2\pi \frac{c}{\sqrt{C^m L^m}}$$

Pour un fil de bronze de 2 mm., $C^m = 6{,}5$ cm. et $L^m = 2.200$ cm. Lorsqu'il y a 4 fils montés en parallèle, la capacité est égale à $1{,}8 \times 6{,}5$ cm.; d'après les formules connues, la self-induction sera le quart de 2.200 cm. D'où :

$$n = \frac{\times 10^{10}}{2\pi\, 13.500 \sqrt{6{,}5 \times 1{,}8 \times 2.200 \times \frac{1}{4}}} = 4.400$$

Si l'on considère le circuit oscillant comme une antenne ($\lambda = 4\sqrt{CL}$) on aura n = 6.900. La valeur expérimentale 5.300 est entre ces deux valeurs.

Dès que le fil de mesure, au lieu d'être mis à la terre directement à travers la boucle de l'oscillographe, l'était par couplage intermédiaire à travers un téléphone, sa résistance apparente était assez forte pour étouffer les oscillations de haute fréquence sur l'oscillogramme (voir fig. 15 *c*).

La nuit, on peut voir ces décharges qui se présentent sous la forme d'un cylindre lumineux bleu pâle entourant les fils sous tension. L'intensité des lueurs et celle de l'effet de surface ne sont pas toujours égales; ces phénomènes sont surtout visibles par temps humide ou par temps orageux (parce qu'alors la résistance disruptive de l'air est moindre qu'à l'ordinaire); les crépitements donnent l'impression d'un roulement en raison de ce que l'air est ébranlé par les décharges qui se produisent par intermittence. En outre, on perçoit un son de fréquence 100, qui serait dû, croit-on, à la manifestation de l'effet de surface qui se produit de façon rythmique à chaque alternance. Par sa hauteur, il est comparable au son sourd que font entendre les transformateurs sous tension.

§ 5. — Harmoniques.

Les expressions ci-dessous indiquent la valeur de l'oscillation fondamentale des trois phases :

I) $E_1 = E \sin \omega t$

II) $E_2 = E \sin\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right)$

III) $E_3 = E \sin\left(\omega t + \frac{4\pi}{3}\right)$

Par suite, l'ensemble des harmoniques satisfait aux équations :

I) $E_{1(2k+1)} = E_{(2k+1)} \sin\left[(2k+1)\,\omega t\right]$

II) $E_{2(2k+1)} = E_{(2k+1)} \sin\left[(2k+1)\left(\omega t + \frac{2}{3}\pi\right)\right]$

III) $E_{3(2k+1)} = E_{(2k \times 1)} \sin\left[(2k+1)\left(\omega t + \frac{4}{3}\pi\right)\right]$

Il s'ensuit que les harmoniques multiples de 3 [(2 K + 1) = 3, 9, 15, etc...] sont en phase dans les trois phases, tandis que les autres sont déphasés de 120°, ainsi que l'oscillation fondamentale dans les phases distinctes.

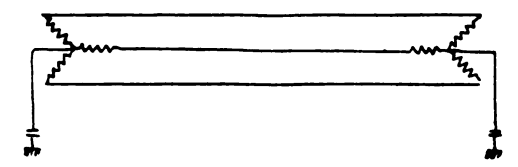


Fig. 16.

D'où il résulte que les rotations d'un système triphasé n'ont aucun effet sur les harmoniques multiples de 3 parce que la somme de leurs valeurs instantanées n'est pas nulle, mais est égale, comme le montre le calcul, au triple de la valeur pour une phase. Si, comme c'est le cas pour l'installation de Lauchhammer, deux systèmes téléphoniques se trouvent dans la même nappe, on peut pratiquement, lorsqu'on monte les génératrices en parallèle, coupler les côtés basse et haute tension des transformateurs de la centrale de telle façon que ces harmoniques soit décalés de 180° dans les deux systèmes, ce qui tend à rendre nul leur effet final. Mais dans ce cas, la charge égale des deux systèmes s'impose. On complète en opé-

rant des rotations convenables sur les deux circuits à courant faible influencés.

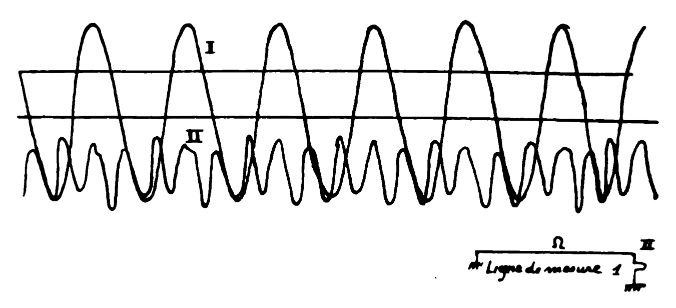


Fig. 17 a. — I. Tension composée. — II. Harmonique 3 ; maximum : 0,8 mA.

En ce qui concerne les harmoniques multiples de 3, le circuit ne se ferme pas sur la troisième phase, comme c'est le cas pour l'oscillation fondamentale et pour les autres harmoniques, mais bien à travers la capacité des transformateurs par rapport à la terre et à travers le sol même (voir fig. 16). Mais alors, non seulement le champ

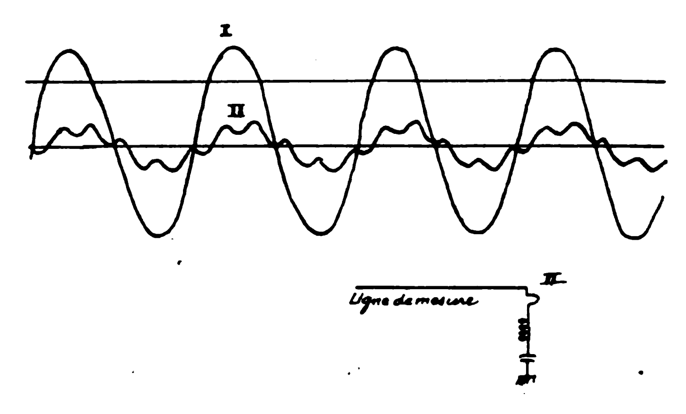


Fig. 17 *b*. — I. Tension étoilée. — II. Harmonique 5.

électrique, mais encore le champ magnétique et la chute de tension dans le sol sont autant de causes de perturbations. En fait, au cours de tous les essais effectués sur les lignes à courant faible mises aux deux bouts à la terre, les harmoniques multiples de 3 ont été très gênants. La capacité des transformateurs par rapport à la terre joue ici un rôle capital. Dans le cas du transformateur abaisseur

(110.000/15.000 volts), la capacité du côté haute tension atteignait 0,006 μF ; celle du côté basse tension 0,023 μF.

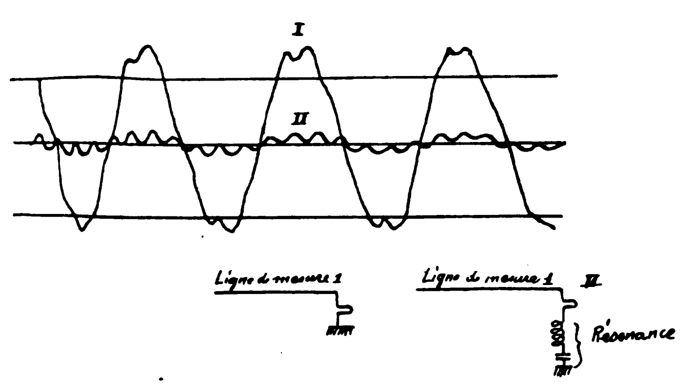


Fig. 17 c. — I. Courant de charge dans la ligne d'essai 1. — II. Harmonique 7 du courant de charge dans la ligne d'essai 2, dans le cas de la résonance. I et II sont reliés en même temps.

Par conséquent, les harmoniques multiples de 3 ne passeront sur le circuit téléphonique que si le circuit de la génératrice de la centrale possède des prises de terre à capacité. A Lauchhammer, la capacité des bobinages de la dynamo d'un générateur 5.000 volts

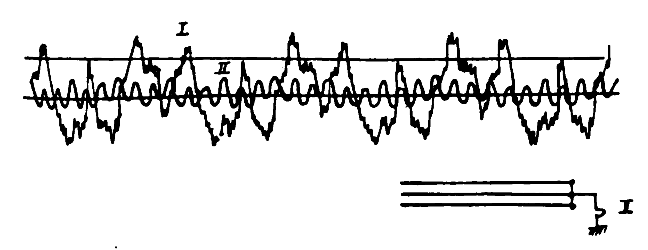


Fig. 17 d. — I. Courant de charge d'un système H. T. isolé, l'autre système étant sous tension. — II. Harmonique 9 dans le courant 1.

est de l'ordre de 0,12 μF et celle du bobinage basse tension correspondant du transformateur (5.000/110.000 volts) de 0,05 μF.

C'est aux techniciens de l'industrie de rechercher si dans les installations à haute tension de l'avenir, on ne pourrait réduire ces capacités.

Les harmoniques perçus dans les téléphones (voir § 3 a) ont été indiqués en bloc sur les courbes. Les figures 17 les indiquent

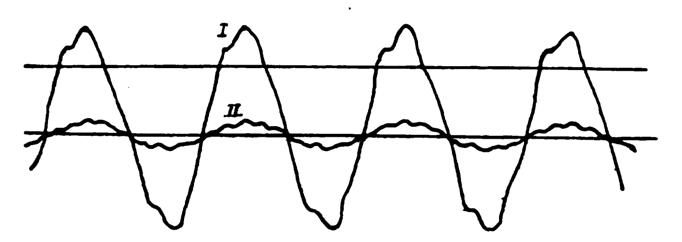


Fig. 17 *e*. — Comme la fig. 17 *c*, mais avec l'harmonie 11 pour II.

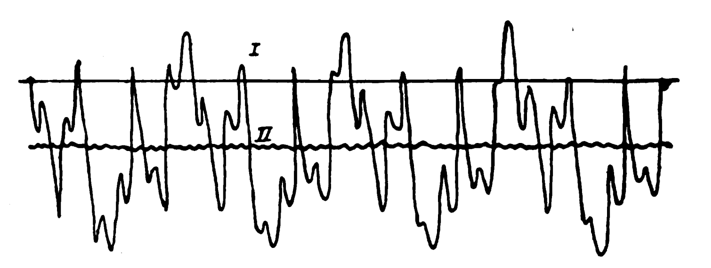


Fig. 17 *f*. — Comme dans la fig. 17 *d*, mais avec résonance pour l'harmonique 15. Dans 1 et 3 on distingue les harmoniques 3 et 9.

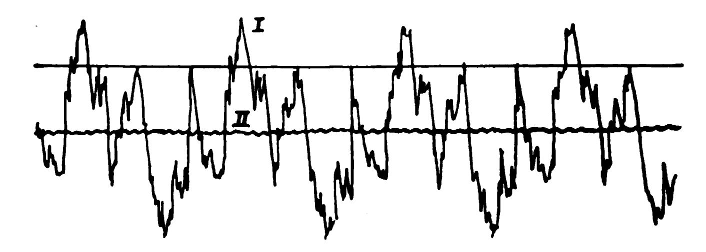


Fig. 17 *g*. — Comme fig. 17 *d*, mais avec résonance pour l'harmonique 17.

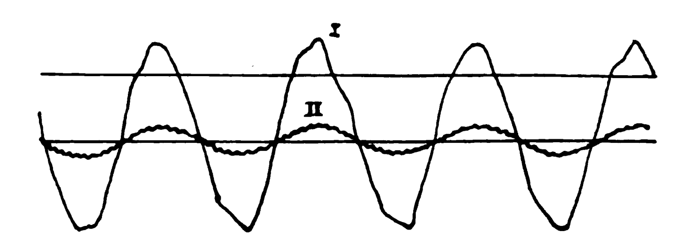


Fig. 17 *h*. — Comme fig. 17 *c*, mais avec la résonance pour l'harmonique 19.

également en détail. On a pu percevoir dans l'oscillographe les 33e et 41e harmoniques, mais leur amplitude est si faible qu'on ne peut les reproduire graphiquement.

Il est possible au moyen de couplages en résonance, d'obtenir facilement les harmoniques du courant de charge. Ces résonances, dont la self et la capacité avaient été déterminées expérimentalement, ont donné aux essais une fréquence concordant avec celle déduite des courbes. Ainsi, dans l'un des cas, la résonance était obtenue au moyen de 2,1 henrys et de 0,06 μF. D'après la formule connue ($\omega^2 CL = 1$) on avait n = 450, c'est-à-dire la fréquence du 9e harmonique (9 × 50). Il est manifeste que le rôle de ces couplages en résonance peut s'expliquer ainsi : pour les longs circuits, particulièrement, le couplage est parcouru par l'harmonique de résonance, le reste du courant de charge s'écoule par la capacité de a ligne, capacité dont la résistance apparente est moindre.

Sur le n° 3, on remarque l'instabilité du 7e harmonique. Plus la forme de l'onde fondamentale se rapproche d'une sinusoïde moins l'amplitude des harmoniques est grande.

On a constaté que des lignes posées en dehors de la zone d'influence de la ligne haute tension sont sensibles aux harmoniques qui correspondent à leur oscillation propre. C'est ainsi qu'à diverses reprises, on a constaté la présence du seul 13e harmonique sur la ligne 11.380 Riesa-Cottbus, et du seul 17e harmonique sur la ligne Riesa-Dresde.

§ 6. — Recherches sur la ligne haute tension.

Dans un précédent paragraphe (§ 4, I, c), nous avons ébauché la question de savoir pourquoi, comparés aux effets du système II, ceux du système I sont essentiellement plus faibles.

L'explication peut s'appuyer sur le fait que la grandeur des tensions et courants de charge engendrés par I dans les lignes de mesure demeure invariable si le système II, se trouvant entre I et la ligne de mesure, est d'abord mis à la terre, puis isolé lorsqu'il n'est pas sous tension. Cette constatation diffère radicalement de toutes les notions qu'on possédait jusqu'ici sur l'influence considé-

rable exercée sur la réduction de la tension de charge par les circuits voisins mis à la terre, à tel point qu'on a jugé nécessaire de soumettre le système II à des mesures directes. Elles ont confirmé l'observation ci-dessus. La chose peut s'expliquer comme suit :

En raison du grand nombre des rotations, on peut considérer les deux systèmes comme symétriques. Pour une longue portion de la ligne haute tension, les charges excitées dans chaque fil de phase du système II par les sections distinctes du système I se contrarient, de sorte que les tensions dans les fils du système II sont théoriquement nulles et pratiquement très faibles. Pour gagner le fil de mesure, les lignes de force de champ excitées par le système I (qui seul doit être sous tension) trouvent devant elles quatre conducteurs qui, ensemble, ont un potentiel sensiblement nul, ce sont : le fil de terre et les trois fils de phase du système II (voir fig. 18.

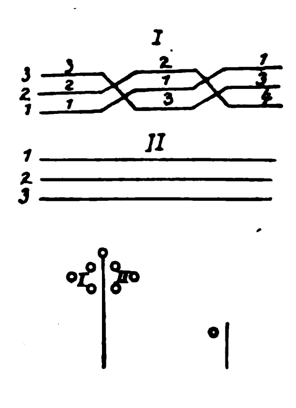


Fig. 18.

Donc, la chute de potentiel entre I et II, $\frac{\delta\varphi}{\delta r}$ est très forte, de même, par conséquent, la densité des lignes de champ $Er = \frac{\delta\varphi}{\delta r}$. Par contre, entre II et le fil de mesure, le potentiel (qui dans II est déjà très faible) tend très lentement vers zéro (potentiel de la terre). A la surface du fil de mesure, $-\frac{\delta\varphi}{\delta r}$ est donc également très petit. Comme la densité superficielle h de l'électricité à la surface d'un conducteur est proportionnelle à la chute de potentiel en ce point

$\left(h = -\frac{\varepsilon}{4\pi c^2} \frac{\partial \varphi}{r_\delta}\right)$, la charge du conducteur ne peut donc être qu'insignifiante par rapport à la chute, lorsque, par suite de rotations insuffisantes, le potentiel de I par rapport au fil de mesure décroît rapidement et presque régulièrement.

Une série d'essais sur le système II isolé ont, en effet, prouvé que la tension statique des fils haute tension devenait de plus en plus faible (voir tableau ci-après). Les fils de phases sont représentés par la couleur qu'ils ont dans la salle de distribution. Bien que la distance qui sépare les deux systèmes entre eux, c'est-à-dire la distance des deux fils de phase les plus voisins soit égale à 3 m. seulement,

TENSIONS ET COURANTS DE CHARGE DU SYSTÈME HAUTE TENSION II ISOLÉ LORSQUE LE SYSTÈME I EST SOUS TENSION.

PHASE	Portions de lignes : Lauchhammer-Gröditz		Gröditz-Riesa	
	Volts	m. A.	Volts	m. A.
Jaune	90	3.4	305	13.7
Rouge	170	3.6	355	15.7
Verte	137	2.0	285	12.4
Rouge + Verte parallèles	100	3.1	338	23.2
Rouge + Jaune —	130	2.4	328	23.3
Verte + Jaune —	180	4.3	322	21.2
Les 3 phases parallèles	110	4.5	325	27.8

la tension n'est jamais supérieure à 355 volts. Mais ici, la chute de potentiel doit être également grande, car sur cette distance de 3 m., la tension passe de 64.000 volts à la valeur indiquée. La densité relativement considérable des lignes de champ à la surface des conducteurs du système I favorise beaucoup le rayonnement.

Lorsqu'on effectue les mesures de tension au moyen de voltmètres multicellulaires, on arrive à des résultats erronés si l'on ne tient pas compte de la charge des conducteurs par l'électricité atmosphérique. C'est ainsi que les premières mesures donnèrent des tensions

variables entre plus de 1.800 et 2.900 volts. Il est vrai qu'elles furent faites par temps d'orage, et qu'après une forte averse, la tension s'abaissa sensiblement. Pour acquérir la certitude qu'une forte dérivation n'était pas en cause, on reprit les expériences (la ligne étant parfaitement isolée), de bon matin par temps clair et sec ; les résultats étaient les mêmes qu'après la pluie d'orage. Le tableau ci-dessus a été dressé au moyen des valeurs moyennes obtenues lors de ces mesures. On constata que même par un temps idéal, il se produisait de pareilles surcharges dues à l'électricité atmosphérique. La charge d'un fil de mesure passa de 150 volts à 3.200 volts. On en attribua le cause à des perturbations électriques produites vraisemblablement par les tourbillons de vent qui passaient au moment des expériences.

§ 7. — Court-circuit a la terre dans une phase de la ligne haute tension.

a) *Généralités.* — Une ligne ainsi court-circuitée se comporte aussi mal, qu'elle soit ou non munie de rotations ; en effet, l'effet compensateur produit par la phase mise à la terre cesse d'exister, car la tension de cette phase se rapproche plus ou moins du zéro, suivant la nature du court-circuit. Par contre, la tension mutuelle des autres phases reste à 110.000 volts, ce qui veut dire qu'en ce cas, les deux phases en bon état ont, par rapport à la terre (et également à la ligne à courant faible) une tension de 110.000 volts, tandis que celle de la ligne avant dérangement était égale à $\frac{110.000}{\sqrt{3}} = 64.000$ volts. La disparition de la 3e phase et l'augmentation de la tension de phase par rapport à la terre ont pour conséquence un accroissement considérable du courant de charge. On a pu déjà s'en rendre compte d'après l'augmentation de la capacité mutuelle. C_m dans le cas où une phase est court-circuitée à la terre (comparer C_m avec C dans le premier tableau).

Lorsqu'il n'y a pas de rotations sur les lignes haute tension, le facteur $\sqrt{3}\,\frac{C_m}{C}$ (coefficient de court-circuit) permet donc de calculer

de combien augmentent les courants de charge lorsqu'une phase est à la terre. D'après le premier tableau, ce facteur n'est jamais inférieur à 12. On n'a pas tenu compte ici de l'effet réducteur occasionné par la phase en court-circuit et par le fil de terre. Si l'on donne à cette réduction la valeur 1/3 (voir ci-après) les effets d'influence se trouveront amplifiés d'un huitième environ.

Dans le cas de lignes avec rotations, cette proportion est spécialement défavorable, parce que les courants de charge sont sensiblement moins intenses lorsque le fonctionnement est normal. *Si une phase est à la terre, les effets d'influence sont déjà plus que décuplés pour une seule section de rotations ; ils continuent à croître avec la longueur du parallélisme, même dans le cas de lignes avec rotations* (voir plus loin).

Sur le premier tableau, C_{1+2}, C_{1+3}, et C_{2+3} représentent les capacités mutuelles entre la ligne haute tension en question et le fil de mesure, lorsque la troisième, la deuxième phase, etc..., est court-circuitée à la terre. On appelle C_m la valeur moyenne des trois grandeurs C_{1+2}, C_{1+3} C_{2+3} qui pratiquement sont très peu différentes. Les calculs ci-après montreront que les valeurs mesurées et les valeurs calculées sont en concordance.

b) *Résultats des mesures.* — Le système II étant isolé, on a mesuré un courant de charge de 10,5 m A pour la portion $V_{22} - V_{24}$ dont la longueur totale est de 3.200 mètres. Puisqu'une phase est court-circuitée à la terre, la tension V = 110.000 volts influe sur la capacité mutuelle (C'_m par kilomètre).

D'où :

$$\frac{Vk}{I} = \frac{1}{\omega . C'_m . 3,2}$$

$$C'_m = \frac{\mathcal{I}}{3,2\, \omega\, V_k} = \frac{10,5 \times 10^{-3}}{3,2 \times 314 \times 110.000} = 9,5 \times 10^{-11} \text{ Farad}$$

pour un kilomètre.

On a vu que les phases voisines ainsi que le fil mis à la terre, tous trois à la terre, réduisent le courant de charge d'un tiers environ. Par conséquent, la valeur de C_m, qui est proportionnelle au courant de charge $\mathcal{I}$ n'est plus que les deux tiers environ de la capacité réelle C'_m, obtenue mathématiquement. Donc :

$$C_m = \frac{2}{3} C'_m = 14,3 \times 10^{-11} \text{ F.}$$

sur la portion $V_{22} - V_{24}$ la ligne de mesure est distante de 20 mètres des appuis de la ligne à haute tension, le calcul donne donc pour C_m la valeur suivante :

$$C_m = 15,0 \times 10^{-11} \text{ farad.}$$

Les colonnes 9 et 10 du tableau indiquent les valeurs mesurées des courants de charge dans le cas d'un court-circuit de ce genre. On avait choisi le système I comme circuit haute tension ; un fil de phase avait été mis à la terre à la station de Lauchhammer. Pour éviter d'endommager les transformateurs, etc.... on avait réduit la tension de moitié ; par suite, la tension des trois phases par rapport à la terre était, à Lauchhammer, de 51.000, 52.000 et zéro respectivement. Toutefois les valeurs portées au tableau ont été calculées sur 110.000 volts.

Les chiffres de la colonne 9 représentent la grandeur du courant de charge dans un fil de mesure lorsque le système voisin II est à la terre. S'il était isolé, l'intensité des courants de charge augmenterait en moyenne de 60 °/₀ (voir col. 10). Le système I étant parfaitement symétrique, il importait peu que le système II fût ou non à la terre, mais ici, quand le système voisin était mis à la terre, on constatait, par suite du défaut d'équilibre, que le courant de charge était réduit de 40 °/₀ environ. La réduction serait encore plus accentuée si la phase à la terre du système perturbateur lui-même ainsi que le paratonnerre n'exerçaient pas déjà une influence dans ce sens. Car si l'on met successivement à la terre plusieurs conducteurs situés au voisinage de lignes sous tension, le premier mis à la terre produit l'abaissement le plus accentué, spécialement lorsque, comme c'est le cas ici, il est très près des fils haute tension.

Les rotations ne jouant aucun rôle, les courants de charge augmentent proportionnellement à l'accroissement de la capacité mutuelle entre le système haute tension et le fil de ligne, cet accroissement augmentant lui aussi avec la longueur du parallélisme. Pour un conducteur, le courant de charge est égal à 4,8 m A. dans la portion $V_{22} - V_{21}$ (3,2 si le système voisin est à la terre) ; à 10,5 mA dans la portion $V_{22} - V_{24}$; à 15,2 mA dans la portion $V_{21} - V_{24}$ et 37,4 m.A. dans la portion $V_{19} - V_{23}$

Si, pour une section de rotations complète, du système I, on compare les valeurs quand le fonctionnement est normal avec celles en cas de court-circuit à la terre, on obtient dans un fil de mesure (voir tableau) les valeurs respectives suivantes : portion V_{21} — V_{24} = 0,09 mA ou, en court-circuit, 15,2 mA (170 fois plus) ; portion $V_{19} - V_{28}$ = 0,09 mA ou en court-circuit 37,4 mA (415 fois plus).

Donc, en cas de court-circuit à la terre, l'effet d'influence est 400 fois plus fort que dans les conditions normales.

On se rend compte de l'importance de ce chiffre pour la pratique, en considérant que 3,4 ou 5 mA sont gênants pour les personnes de sensibilité moyenne. C'est ainsi qu'un télégraphiste, assez sensible aux courants de ce genre, pouvait à peine continuer à travailler sur la ligne avec 2,6 mA. Pour les personnes sensibles, des courants de 25 mA pourraient devenir mortels, ou en tout cas, occasionner des troubles sérieux ; on sait que 100 mA suffisent pour causer la mort. C'est pourquoi, on avait pris soin d'interrompre le service sur les circuits du Reich utilisés au cours des expériences.

On aurait pu munir ces circuits de bobines de mise à la terre pour les rendre inoffensifs, mais la qualité du service aurait été diminuée, car il est rare que les deux bobinages possèdent des qualités électriquement identiques et aussi parce que des courants telluriques et des effets d'induction se manifestent lorsqu'on connecte deux circuits munis tous deux de bobines de ce genre.

c) *Conclusions.* — On lit dans le n° 4 de la revue « Elektrotechnik und Maschinenbau » (année 1913, page 79) l'opinion suivante de Pfiffner, de Budapest : « *Dans la plupart des installations haute tension, il est nécessaire, dans l'intérêt d'un bon fonctionnement, de produire pendant un laps de temps très court, des courts-circuits plus ou moins parfaits sur un pôle.* »

Au point de vue de l'Administration des télégraphes, cette pratique doit être absolument condamnée. Il importe à ce sujet de prendre nettement position, ne serait-ce que pour amener les industriels à se soucier davantage de l'isolement de leurs lignes. *En outre, il paraît tout indiqué d'envisager, d'accord avec le « Verband Deutscher Elektrotechniker », la question de savoir si la protection contre les surtensions ne doit pas être réglementée de façon à ce*

qu'elle n'exerce aucune influence sur la tension des phases reliées entre elles ; car, en cas de court-circuit à la terre dans l'une des phases, la tension dans les deux autres atteint la valeur de la tension globale. Si le dispositif protecteur agit sur la surtension, à ce moment il se produira un deuxième court-circuit sur une autre phase du système triphasé. En dehors de l'effet d'influence alors plus accentué, il se produira encore des troubles par induction magnétique qui, d'après ce qu'on sait par ailleurs, peuvent être nuisibles au bon fonctionnement du service téléphonique. On lit encore dans l'article signalé plus haut que la protection contre les surtensions ne doit pas avoir d'effet sur l'élévation de la tension consécutive au court-circuit dans l'une des phases, et cela afin de n'apporter aucune perturbation dans le fonctionnement de la ligne haute tension. Par conséquent, dans l'intérêt de l'Administration des télégraphes du Reich, on ne doit pas hésiter à exiger l'application de la mesure indiquée plus haut, et cela, bien entendu, tout en refusant aux usines le droit de produire intentionnellement des courts-circuits dans une des phases.

§ 8. — *Recherches sur les bobines de décharge.*

Pour étudier la zone d'influence de la ligne haute tension Lauchhammer-Riesa, on s'est servi de diverses bobines : « bobines pour l'exploitation télégraphique et téléphonique simultanées », « bobines pour circuits combinés et bobines de décharge » (Siemens et Halske) pour les circuits téléphoniques posés sur les mêmes appuis que les lignes haute tension. Les moins efficaces furent celles qui servent à établir les communications télégraphiques et téléphoniques simultanées. Il faut en voir la raison dans l'énorme résistance ohmique de ces bobines ; elle est d'environ 1.160 ohms par enroulement, d'où retard dans la décharge : les résultats obtenus au moyen des bobines de dérivation furent meilleurs sans être satisfaisants, la résistance de chaque enroulement est encore de 200 ohms. Le service téléphonique fut reconnu bien meilleur, mais non parfait, lorsqu'on utilisa des bobines de décharge grand modèle dans lesquelles la résistance est d'environ 22 ohms par enroulement.

Pour se rendre compte du fonctionnement des bobines relativement aux harmoniques supérieurs des courants perturbateurs, on a mesuré à une fréquence $\omega = 5.000$ (au moyen de la machine de Franke et d'après la méthode des compensations) les résistances apparentes de diverses bobines de dérivation et de décharge fabriquées par la maison Siemens et Halske. Le tableau ci-après indique l'impédance imaginaire de chaque enroulement et des deux enroulements dans le cas de couplage différentiel. Nous attirons en passant l'attention sur le fonctionnement remarquable des bobines de décharge grand modèle dont chaque enroulement pour $\omega = 5.000$ manifeste une grande capacité, car sa résistance a un angle de phase négatif compris entre 86° et 87° (voir tableau n[os] 5 et 6), tandis que chaque enroulement des bobines de dérivation (angle de phase positif supérieur à 88°) se comporte comme une bobine de réactance. Il ne subsiste aucun doute quant à la réalité du caractère de la capacité. On l'a déterminée par une série de mesures faites notamment avec les deux enroulements en série. Le même phénomène a été confirmé au moyen d'une troisième bobine de décharge. Il dépend pour beaucoup de la nature du bobinage.

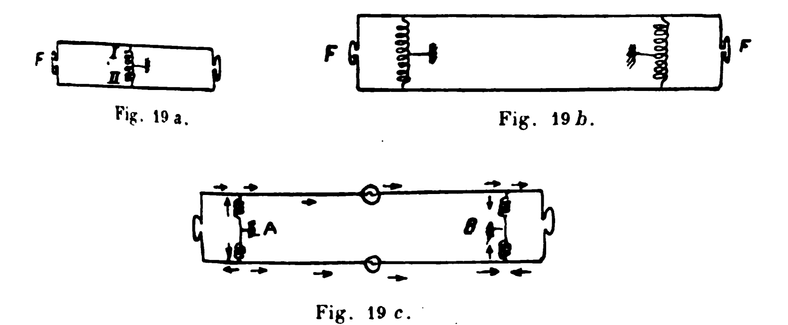


Fig. 19 a.

Fig. 19 *b*.

Fig. 19 *c*.

D'après les mesures, les résistances apparentes des deux enroulements d'une même bobine seraient entre elles dans la proportion de 0,5 à 2,7 ‰. Cette différence est minime en soi ; toutefois, il convient de faire à son sujet les remarques suivantes. D'après la fig. 19 a, lorsqu'une bobine de décharge est intercalée dans le circuit, le courant de charge induit sur un circuit bifilaire dispose de deux chemins pour gagner la terre : l'enroulement I et le

Résistance apparente des bobines de décharge pour $\omega = 5000$.

N°	Appareil de décharge	Bobinage	Phase	Résistance dirigée en ohms	Remarques
1	Bobine de dérivation de Krüger, n° 594.	$A_1 - E_2$	Bobine : 166°20′ (— 5′) Résistance étalon von Wolff : 77°56′ (—5′)	9075 $e^{i88°24'}$ (— 10 ohms	Les nombres portés entre parenthèses indiquent les limites du minimum du bruit, par conséquent l'exactitude de la mesure. Ces valeurs se rapportent à la moyenne du minimum du bruit.
		$A_2 - E_2$	Bobine : 166°20′ (— 6′) Résist. 77°58′ (— 6′)	9065 $e^{i88°24'}$ (— 10 ohms)	
	Différence dans la résistance des 2 enroulements : 1,1 °/oo.	Enroulements en quantité	Bobine : 139°20′ (— 10′) Résist. 101°46′ (— 10′)	148 $e^{i37°34'}$ (1 ohm)	
2	Idem, n° 875.	$A - E_1$	Bobine : 166° 0′ (— 4′) Résist. 77°45′ (— 4′)	9170 $e^{i88°15'}$ (— 10 ohms)	
		$A_2 - E_2$	Bobine : 166°0′ (— 6′) Résist. 77°43′ (— 8′)	9165 $e^{i88°17'}$ (— 10 ohms)	
	Différence dans la résistance des 2 enroulements : 0,5 °/oo.	Enroulement sur quantité	Bobine : 135°55′ (— 5′) Résist. 101°40′ (— 6′)	146,5 $e^{i34°15'}$ (— 0,2 ohm)	
3	Idem, n° 1.620.	$A_1 - E_1$	Bobine : 165°38′ Résist. 77°22′	9397 $e^{i88°16'}$ (— 20 ohms)	
		$A_2 - E_2$	Bobine : 165°35′ Résist. 77°16′	9390 $e^{i88°19'}$ (— 20 ohms)	
	Différence dans la résistance des 2 enroulements : 0,7 °/oo.	Enroulements en quantité	Bobine : 139°23′ Résist. 101°46′	145 $e^{i37°37'}$ (— 1 ohm)	
4	Idem, n° 1.546.	$A_1 - E_1$	Bobine : 165°56′ Résist. 77°35′	9255 $e^{i88°21'}$	
		$A_2 - E_2$	Bobine : 165°58′ Résist. 77°35′	9280 $e^{i88°23}$	
	Différence dans la résistance des 2 enroulements : 2,7 °/oo.	Enroulements en quantité	Bobine : 135°59′ Résist. 102°1′	142 $e^{i33°58'}$	
5	Bobine de décharge G. modèle n° 457-458 (Siemens et Halske).	$A_1 - E_1$	Bobine : 21°31′ (— 10′) Résist. 108°29′	2307 $e^{-i86°58'}$ (— 3 ohm)	
		$A_2 - E_2$	Bobine : 21°25′ (— 10′) Résist. 108°30′ (— 10′)	2303 $e^{-i87°5'}$	
	Différence dans la résistance des 2 enroulements : 1,7 °/oo.	Enroulements en quantité	Bobine : 102°40′ (— 30′) Résist. 101°9′ (— 30′)	11,2 $e^{-1°31'}$ (—0,2 ohm)	
6	Idem, n° 457-481	$A_1 - E_1$	Bobine : 19°38′ (— 6′) Résist. 105°58′ (— 10′)	1629 $e^{-i86°20'}$ (— 3 ohms)	
		$A_2 - E^2$	Bobine : 19°42′ Résist. 105°53′	1631 $e^{-i86°11'}$	
	Différence dans la résistance des 2 enroulements : 1,2 °/oo.	Enroulements en quantité	Bobine : 102°30′ (—30′) Résist. 101°20′ (— 30′)	(11,5$^{i1°10}$ — 0,2 ohm)	

système II. Comme le courant de charge gagne la terre en raison inverse de la résistance, on se rend compte qu'en cas d'asymétrie des bobinages, une fraction du courant perturbateur pourra s'écouler vers le téléphone F. Mais si la courbe de tension de la ligne haute tension est parfaitement sinusoïdale, le service téléphonique ne subira aucune perturbation. Par contre, si la courbe renferme des harmoniques supérieurs, — et il en est toujours ainsi, — il est possible que le service téléphonique soit fortement gêné.

En outre, lorsqu'on étudie l'efficacité des bobines de décharge, il ne faut pas oublier de tenir compte du bon état de la ligne. Même par temps défavorable, les circuits téléphoniques des centrales posés sur les appuis des lignes haute tension, ont un isolement relativement bon, car ils sont loin des arbres et sont quelquefois même posés sur des isolateurs haute tension. Leur longueur est plutôt faible puisqu'elle atteint rarement 100 km. Enfin, les branches a et *b* sont construites symétriquement ; la chose est d'autant plus facile qu'il est très rare de trouver plus de deux circuits téléphoniques sur les mêmes appuis.

Par comparaison avec ces circuits, les lignes du Reich se trouvent dans une situation nettement défavorable. Le public se montre beaucoup plus exigeant, en ce qui concerne l'audition, que le personnel des centrales. De plus, un autre inconvénient provient du fait que, par suite de causes diverses, il existe en moyenne une asymétrie (variable entre 5 et 10 °/₀) entre les conducteurs *a* et *b* des circuits téléphoniques du Reich ; parmi ces causes, figure la capacité mutuelle par rapport à la ligne haute tension. Il faut donc ajouter cette asymétrie des conducteurs à l'asymétrie des enroulements pour voir comment le courant de charge s'écoule à la terre à travers les deux enroulements de la bobine.

Prenons un exemple pratique : supposons une ligne téléphonique privée, posée à 20 m. de la ligne de Lauchhammer et parallèle à celle-ci sur une longueur de 30 kilomètres. Comme on l'a vu au § 7, un courant induit d'environ 100 mA parcourra la ligne téléphonique, s'il se produit un court-circuit à la terre dans une phase haute tension. En intercalant une bobine de décharge au milieu de la portion influencée, il s'écoulera donc à travers la

bobine 50 mA de chaque côté. Il se peut qu'un harmonique de la courbe du courant de charge (possédant une fréquence téléphonique) ait une valeur égale à 5 °/₀ de l'oscillation fondamentale et que par suite de l'asymétrie de la ligne et de la bobine, il ne passe dans le téléphone qu'un pour cent du courant de l'harmonique, c'est-à-dire :

$$\frac{5}{10} \cdot \frac{1}{100} \cdot 50 \times 10^{-3} \text{ A} = 2{,}5 \times 10^{-5} \text{ A}$$

cette intensité est suffisante pour rendre toute communication téléphonique impossible.

Dans le cas de circuits téléphoniques parallèles aux lignes haute tension sur une grande longueur, il ne sera pas mauvais — ne serait-ce que par mesure de sécurité — d'intercaler plusieurs bobines de décharge le long de la ligne. Même si l'on se contentait d'une seule bobine pour chacun des circuits influencés, il conviendrait de munir la portion intéressée de deux bobines pour le cas où l'on relierait entre eux deux circuits ainsi équipés. La présence seule des deux bobines donnera naissance à des troubles par courants de Foucault ou par effets d'induction qui nuiront déjà au bon fonctionnement du service téléphonique.

On peut, dans le cas de lignes de moyenne longueur, calculer la valeur approchée du courant parasite qui traverse le téléphone.

Les circuits téléphoniques bifilaires, rendus inoffensifs au moyen de bobines de décharges, sont le siège de perturbations sérieuses. *Aussi, au point de vue du service public, il convient de n'employer les bobines de décharge qu'à titre tout à fait exceptionnel.* En aucun cas, il ne faudra *les considérer comme des appareils protecteurs suffisants sur les lignes téléphoniques ordinaires fortement influencées.*

On doit éviter l'emploi des bobines de décharge parce que leur présence sur les circuits téléphoniques bifilaires exploités en duplex ou équipés à des fins spéciales (service à batterie centrale, transmission des signaux de fin de communication, etc...) serait une cause de gène et pourrait même occasionner l'interruption totale du trafic.

Il est possible qu'on obtienne des résultats satisfaisants sur les

circuits téléphoniques privés des installations à haute tension munis de bobines de décharge ; il ne saurait en être de même sur les grands circuits du Reich en raison des conditions d'exploitation, qui sont radicalement différentes, sans parler des différences dans la construction des lignes et de l'exigence du public en ce qui concerne la netteté de l'audition, comme nous l'avons signalé plus haut.

INFORMATIONS ET VARIÉTÉS

Questions écrites du concours d'admission d'élèves-ingénieurs à l'École supérieure des Postes et Télégraphes (1921).

MATHÉMATIQUES.

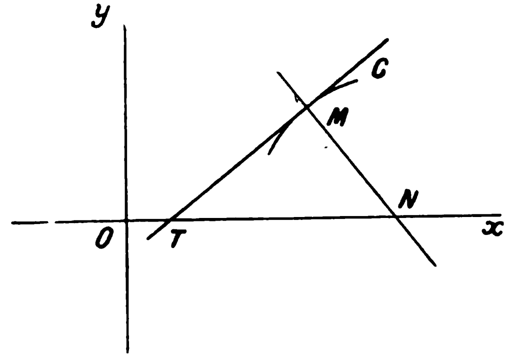


Fig. 1.

I. — Soient ox, oy deux axes de coordonnées rectangulaires. En un point M d'une courbe C, située dans le plan x o y, on mène la tangente et la normale, qui coupent les axes o x et o y aux points T et N respectivement.

On demande de déterminer les courbes C telles que le rayon de courbure en chaque point soit égal au double de la longueur NT. — Indiquer la forme générale de ces courbes.

Connaissant une courbe jouissant de la propriété énoncée, montrer qu'on peut en déduire toutes les autres par des constructions géométriques simples, en particulier les deux courbes qui passent par un point donné du plan, et sont tangentes en ce point à une droite donnée.

II. — Trouver l'intégrale de l'équation différentielle

$$2\,x^2\,\frac{d^2\,y}{dx^2} - 3\,x\,\frac{dy}{dx} + 2\,y = f\,(x)$$

où $f(x)$ est un polynome entier en x :

$$f(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \dots\dots + a_n x^n.$$

A quelles conditions doivent satisfaire les coefficients de $f(x)$ pour que l'équation admette aussi pour intégrale particulière un polynome?

MÉCANIQUE.

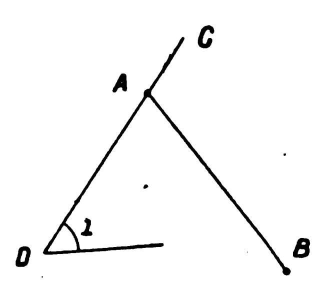


Fig. 2.

I. — Une tige AB, infiniment mince, homogène et pesante, se meut dans un plan vertical de telle façon que son extrémité A décrive sans frottement une droite fixe CD, inclinée sur l'horizon d'un angle donné i. A l'instant initial la tige est horizontale et immobile. — Trouver le mouvement de cette tige et calculer la réaction exercée en A par le guide rectiligne CD. — Examiner en particulier le cas où le guide est vertical.

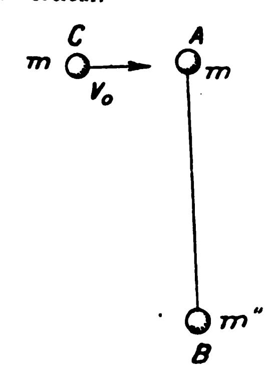


Fig. 3.

II. — Deux petites sphères A B, assimilées à de simples points

matériels de masses m', m'' sont reliées par une tige rigide, de masse négligeable. Ce système est posé, sans vitesse initiale, sur un plan horizontal parfaitement poli.

Une troisième sphère C de masse m, placée sur le même plan et animée d'une vitesse donnée V_0 perpendiculaire à AB, vient choquer la sphère A.

On suppose que les sphères AC, sont parfaitement élastiques, et l'on demande quel est, à la suite du choc, le mouvement pris par la tige AB.

PHYSIQUE.

I. — Mesure des fréquences acoustiques.

II. — (N. B. — On pourra se contenter dans les calculs d'une précision d'environ un pour cent.)

1° Les armatures d'un condensateur à air sont des plaques métalliques carrées de 20 centimètres de côté séparées par un intervalle de 1 millimètre. Quelle est la capacité de ce condensateur?

2° On établit entre les armatures une différence de potentiel de 200 volts. Quelles sont la charge et l'énergie du condensateur, et quelle est l'attraction des armatures?

3° Les armatures ainsi chargées sont ensuite réunies par un conducteur dont la résistance est de 10 mégohms. Au bout de combien de temps la différence de potentiel initiale aura-t-elle diminué de 1 volt, les effets d'induction étant négligeables.

4° L'appareil est maintenu immergé dans un liquide isolant dont la constante diélectrique (pouvoir inducteur spécifique) par rapport à l'air est 2. — Quelles sont les valeurs de la charge, de l'énergie et de l'attraction quand on établit de nouveau la différence de potentiel de 200 volts?

5° Les armatures étant ainsi chargées dans le liquide on retire l'appareil du liquide après avoir isolé les armatures. Que deviennent alors la différence de potentiel, l'attraction des armatures et l'énergie du conducteur ? — Par quel mécanisme la dernière opération a-t-elle fait varier l'énergie du condensateur?

CHIMIE.

I. — L'Etain, sa métallurgie, ses propriétés physiques et chimiques, ses alliages.

II. — L'Acétylène, sa préparation, ses propriétés physiques et chimiques, ses usages.

DESSIN.

Commutateur à deux directions (grandeur d'exécution).

1° Faire un croquis de cet appareil à main-levée et au crayon sur une feuille de papier quadrillé.

Prendre les cotes nécessaires et avec la précision suffisante pour permettre l'exécution du dessin. — Les candidats ne devront pas exécuter le croquis en traçant le contour des pièces appliquées sur le papier.

2° Faire sur une seconde feuille un dessin à l'encre d'après le croquis en faisant usage des instruments habituels de dessin.

Les candidats ne disposeront du modèle que pendant la première demi-heure. — Un modèle sera mis à la disposition de chaque candidat.

Le commutateur étant situé sur le plan horizontal 1er dièdre, parallèle à la ligne de terre, la grande bande en laiton tournée du côté du plan vertical, dessiner :

a) une projection sur le plan horizontal ;
b) — vertical ;
c) — profil.

Le dessin ne comportera pas de cotes, il devra être exact au 10e de millimètre.

Les lignes de construction devront être figurées en rouge.

Chaque candidat aura à sa disposition un double décimètre, un tournevis et un pied à coulisse.

Sur le dessin, la figuration des parties cachées est facultative ainsi que le molettage des serre-fils.

La position de la fiche est facultative.

Perfectionnement au multiple télégraphique de Paris. — Une nouvelle modification dans l'exploitation du meuble a été tout

récemment mise à l'essai. Elle a pour but lorsqu'une ligne demandée est déjà occupée, de la réserver au profit du poste demandeur dès qu'elle sera libérée.

Voici le mode opératoire. Quand le cas envisagé ci-dessus se produit, l'opératrice établit un bulletin portant le n° de ce poste et celui du poste demandé, ainsi que l'heure de l'appel.

Le bulletin est ensuite passé à l'opératrice desservant le panneau contenant le jack individuel du poste demandé. Cette dernière introduit alors la fiche de blocage dans le jack général du poste occupé. Dès que le signal de fin paraît, l'opératrice rappelle le demandeur et lui passe la ligne demandée. L'heure de la mise en communication est portée sur le bulletin.

Si un poste se trouve demandé par plusieurs autres, ces derniers sont servis dans l'ordre de leurs appels, ce qui est facile puisque l'heure d'appel est portée sur le bulletin de chacun d'eux.

La modification technique a été réalisée très simplement, sans organes nouveaux, en faisant usage des fiches ordinaires monocordes du meuble dont la communication de pointe avec le 2e enroulement du relais de fin a été coupée à l'armature du relais translateur correspondant. Cinq fiches sont ainsi spécialisées dans chaque panneau pour le blocage des lignes occupées. D'autre part, le relais de fin correspondant est réglé pour fonctionner avec un courant de 24 milliampères et rester inerte pour un courant moins intense.

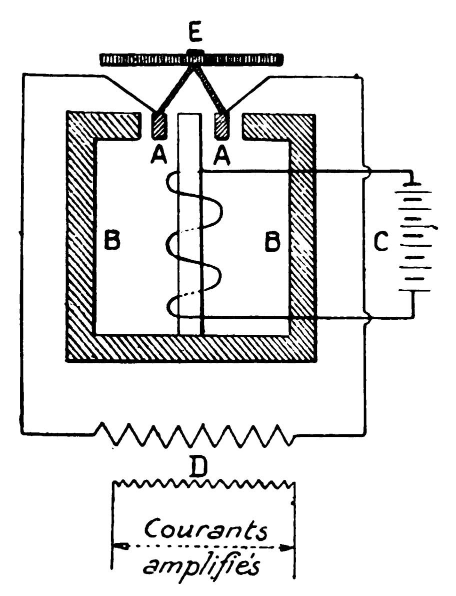
Le fonctionnement du dispositif est le suivant : quand on introduit une fiche de blocage dans un jack général d'une ligne déjà occupée, le courant de douille actionne le relais d'occupation et se dérive à travers l'un des enroulements des deux relais de fin, de sorte que chacun d'eux est traversé par un courant de 16 milliampères insuffisant pour les actionner.

A la fin de la communication en cours, lorsque les fiches qui l'établissent sont retirées, le courant de douille passe dans le relais de fin de la fiche de blocage avec une intensité de 24 milliampères et le signal de fin apparait. L'opératrice qui a bloqué la ligne est ainsi informée de sa disponibilité et opère en conséquence.

Le télémégaphone. — Depuis quelques mois, les revues techniques américaines ont parlé à plusieurs reprises de discours prononcés

devant des auditoires immenses par l'intermédiaire d'appareils amplificateurs de la voix C'est ainsi que, le 4 mars dernier, le président Harding prononça son discours inaugural, en plein air devant le Capitole de Washington, et se fit entendre de 125.000 personnes [1].

Le dernier venu de ces appareils, dû à MM. E. S. Bridham et P. L. Jensen, semble bien résoudre le problème d'une façon définitive. Les courants téléphoniques ordinaires produits par la voix de l'orateur sont considérablement amplifiés par des tubes électroniques, et ces courants amplifiés actionnent non pas un microphone électromagnétique, mais un appareil nouveau, que les inventeurs ont appelé le *télémégaphone*.



L'organe vibratoire, au lieu d'être une plaque métallique faisant partie du circuit magnétique et se trouvant sous tension à l'état de repos, est constitué par une petite bobine mobile A (fig.) placée dans l'entrefer d'un électro-aimant puissant B alimenté par la batterie C. [Par l'intermédiaire d'un transformateur D, les courants téléphoniques amplifiés sont envoyés dans la bobine mobile A.] Sous l'action du flux de l'électro-aimant, la bobine A est animée de mou-

1. *The pacific telephone magazine*, avril 1921.

vements vibratoires correspondant à ceux de la parole. Dans ces mouvements, elle entraîne le diaphragme E dont elle est solidaire.

Comme le diaphragme ne joue aucun rôle électromagnétique, on peut lui donner les dimensions qu'on veut, et obtenir des vibrations sonores de très grande amplitude.

Durée de la transformation en automatique du réseau téléphonique de New-York. — L'*Automatic Telephone* annonce que, des 14 millions de postes téléphoniques existant aux États-Unis, un million environ fonctionnent automatiquement. La transformation en automatique du réseau de New-York, qui comprend 900.000 postes, commencera l'hiver prochain ; on estime qu'elle sera terminée dans dix ou douze ans.

Recherche de l'emplacement des câbles sous-marins et des canalisations souterraines. — Les ouvriers des lignes de New-Jersey se servent, pour repérer l'emplacement des canalisations souterraines de gaz ou des câbles sous-marins, d'un appareil très simple qui ressemble à une roue horizontale suspendue à trois fils : c'est un amplificateur à deux étages, de faible volume, associé à une bobine d'exploration spéciale et à un appareil de mesures ordinaire à induction (n° 20 A).

Ce dispositif a permis de relever l'emplacement de deux gros câbles sous-marins pupinisés traversant la Raritan Bay, entre Annadale (Ile Staten) et Keansbrug (New-Jersey). Même à des profondeurs atteignant 15 mètres, la présence du câble peut être localisée à l'intérieur d'une bande large de 1 m. 50. Ceci présente une grande utilité lorsqu'il est nécessaire de relever un câble quelconque : il devient inutile de draguer avec des grappins.

Cet appareil a été fréquemment utilisé pour localiser des câbles sous-marins dans des eaux à draguer. Lorsqu'il s'agit de câbles souterrains dont l'itinéraire est douteux, l'appareil est aussi très utile, car il supprime les travaux de fouilles exécutés un peu au hasard.

Lorsqu'on ouvre à la machine une tranchée pour câbles, l'appareil signale la présence des canalisations métalliques transversales ;

on peut alors soulever le disque de forage, ce qui évite d'endommager soit la machine, soit les canalisations rencontrées. En se servant de l'appareil, on peut localiser à l'avance ces croisements et les marquer d'un piquet.

Fréquemment des dérivations de lignes souterraines en conduites de fer, et parfois des sections de ligne principale également en conduites de fer, sont croisées par des canalisations d'eau ou de gaz ou par les câbles de quelque compagnie étrangère, et il se produit des contacts qui offrent un passage aux courants susceptibles d'endommager les circuits ou de les rendre dangereux pour le personnel. La balance d'induction permet de localiser aisément ces contacts, en indiquant l'endroit où se croisent la canalisation métallique et le câble. On supprime alors le contact en creusant le sol à l'endroit indiqué.

Le nouveau central téléphonique interurbain de Londres. — L'inauguration par le Postmaster general, M. Kellaway, du nouveau central interurbain marque un important progrès dans les procédés d'exploitation adoptés par le Post office britannique. La cérémonie a eu lieu le 17 octobre dernier. Depuis cette date, les abonnés peuvent obtenir directement la communication avec leurs correspondants habitant dans un rayon de 40 kilomètres autour de Londres, sans passer par le central suburbain. On pourra se rendre compte du temps gagné lorsqu'on saura qu'en général trois opératrices au lieu de sept sont nécessaires à l'établissement des communications et que 350 lignes auxiliaires directes aboutissent au nouveau central. Il est vrai qu'un service suburbain particulièrement rapide fonctionne déjà entre Edimbourg et Glasgow, Manchester et Liverpool, et entre les principales villes du South Lancashire, du West Riding et du « Pays noir ». Il n'y a toutefois, dans la grande banlieue de Londres, aucun centre comparable aux villes des districts en question, séparées par des distances variant entre 30 et 50 kilomètres ; sauf Brighton et Southend, on ne trouve pas une seule ville de 100.000 habitants située à 80 ou 100 kilomètres de la métropole. Mais, dans un rayon de 40 kilomètres, il existe une région parsemée de villes de moyenne importance, telles que Saint-

Albans, Luton, Watford, Maidenhead, Windsor, Dorking, Sevenoaks et Gravesend. Désormais, toutes ces localités sont dotées d'un service rapide, qu'il est question d'étendre sous peu à des villes telles que Brighton, Reading, Southend, Bedford, Chatham et autres situées dans un rayon de 80 kilomètres autour de Londres. Quand on pense que 35 °/o environ du trafic suburbain consiste en conversations à faible distance, on comprend quel soulagement considérable a été apporté au central suburbain par l'ouverture de l'interurbain.

La communication inaugurale a été échangée entre M. Kellaway et le colonel Grant Morden résidant à Uxbridge. Elle a été obtenue en 10 secondes.

Propagande téléphonique aux États-Unis. — En Amérique, les services d'utilité publique (les compagnies téléphoniques en particulier) profitent de toutes les occasions pour renseigner le public sur la complexité et les difficultés présentes de leur tâche, dans le but évident de prévenir des conflits, comme il pourrait en surgir à propos du relèvement général des tarifs par exemple, ou simplement de s'attirer la bienveillance d'une clientèle mieux renseignée. Propagande par le personnel, conférences publiques, distribution de tracts, pose d'affiches, etc..., tous les moyens sont employés. C'est vraisemblablement dans l'intention de parfaire l'instruction de ses nombreux abonnés que l' « Illinois Bell Telephone Cy » a entrepris de publier un bulletin bi-hebdomadaire intitulé « Telephone Press Service », qui est servi gratuitement à tous les journaux paraissant dans la région. Les articles présentés sous une forme concise pourront être reproduits *in extenso* par les quotidiens. Les lecteurs y trouveront des renseignements statistiques, historiques et scientifiques sur le développement de la téléphonie aux États-Unis et dans les autres pays.

Le n° 1 est daté du 1er octobre 1921 ; il contient une série d'articles qui permettent de se faire une idée exacte du but poursuivi par la compagnie et, en même temps, de la façon dont le service de la publicité s'y prend pour l'atteindre. Nous signalerons l'article

de tête relatif à l'extension prise par le téléphone en 45 ans. Que nous sommes loin aujourd'hui du « joujou » de Graham Bell ! La compagnie qui porte son nom dessert plus de 12.800.000 postes téléphoniques. Les frais de construction, d'entretien et d'exploitation s'élèvent à des sommes formidables, mais ce sont surtout les salaires élevés qui grèvent actuellement le budget des compagnies. Le total des capitaux engagés dépasse, aux États-Unis, deux milliards de dollars ; les extensions sont possibles uniquement parce que le public manifeste sa confiance dans l'entreprise par l'achat de nouvelles actions. Vient ensuite une série d'articles documentaires relatifs : aux quantités de bois utilisées chaque année pour la construction et l'entretien des lignes ; aux approvisionnements de la compagnie à l'étranger (achats de plomb, d'étain et d'antimoine en Chine et au Japon notamment) ; au service téléphonique en France et en Suède ; etc... Un entrefilet annonce que chaque jour la Compagnie Bell nourrit 85.000 opératrices sur les 250.000 qu'elle emploie dans ses bureaux ; on indique même la composition du menu et le prix de chaque plat ! Signalons encore la note qui se rapporte à l'opération heureuse qu'est le rachat, par l'Administration française des Postes et Télégraphes, du matériel téléphonique du Signal Corps américain, à la fin des hostilités, et enfin, l'article qui a trait à la collaboration entre ingénieurs américains en vue de remédier aux troubles par induction dont souffrent les circuits téléphoniques posés au voisinage des lignes d'énergie à haute ou basse tension.

Essais de téléphonie sans fil au poste de la tour Eiffel. — Ces essais ont lieu actuellement (décembre 1921) tous les jours dans l'après-midi, sur la longueur d'onde 2.600 mètres.

Le poste a été réalisé par le personnel de la Tour Eiffel.

C'est un poste à grosses lampes (Guéritot). 4 lampes en parallèle, alimentées sous une tension plaque de 2.300 volts mettent environ 800 watts dans l'antenne de la Tour.

Pour moduler ce courant d'antenne, on emploie une 5[e] lampe semblable, dont le circuit plaque est couplé sur le circuit grille des lampes émettrices et dont la grille est actionnée par un amplifi-

cateur téléphonique relié, soit à un microphone local, soit, par l'intermédiaire du standard de la Tour, à un microphone quelconque.

Les 2.300 volts continus des plaques sont obtenus à l'aide du courant du secteur redressé à l'aide d'un commutateur tournant.

Le poste a été entendu dans de bonnes conditions par tous les postes radiotélégraphiques installés en France, et dont quelques-uns sont à près de 1.000 kilomètres de Paris.

Le paquebot « Paris » a entendu l'émission radiotéléphonique de la Tour à une distance de 1.500 kilomètres.

Câbles sous-marins et T. S. F. — On a à la dernière assemblée de la Compagnie télégraphique « Eastern Extension », abordé la question de savoir jusqu'à quel point la radiotélégraphie pouvait concurrencer les câbles, mais le président, fort prudent, a refusé de jouer le rôle de « prophète en T. S. F. ». Toutefois, il fit remarquer que l'Allemagne — qui, par suite de son isolement pendant la guerre, aurait dû développer son service radio pour en faire un mode de communication vraiment efficace, — est sur le point de conclure un arrangement avec les grandes compagnies de câbles transatlantiques pour s'assurer une liaison directe avec les États-Unis. L'Italie, elle aussi, éprouve le besoin d'une communication directe avec l'Amérique Centrale et l'Amérique du Sud. Le seul fait que ces deux pays européens, — et plusieurs autres —, cherchent actuellement à améliorer leur situation en ce qui concerne les câbles, suffit amplement à prouver qu'à l'heure actuelle la T. S. F. ne peut encore le disputer aux câbles sous-marins, et que ceux-ci sont nettement supérieurs à celle-là en ce qui concerne le secret des messages transmis, l'efficacité et la sécurité des communications. On ne peut nier les très remarquables progrès accomplis jusqu'ici en T. S. F. ; ils seront suivis, il faut l'espérer, de nouveaux perfectionnements : la science des radiocommunications se développera progressivement sur une base commerciale ; son utilité ira toujours croissant si on l'emploie pour alimenter les câbles des diverses compagnies télégraphiques ; quoi qu'il en soit, le glas de la télégraphie sous-marine n'est pas près de sonner.

Câbles sous-marins entre l'Italie et l'Amérique du Sud. — On annonce de Rome que les représentants du Gouvernement italien viennent de signer une convention avec la Société italienne de câbles télégraphiques sous-marins, pour l'installation d'un câble direct entre l'Italie et l'Amérique du Sud.

On projette également l'établissement d'un câble entre l'Italie et la Grèce.

Prix de l'Académie des Sciences à M. l'Ingénieur en Chef des Télégraphes, J.-B. Pomey. — La Commission composée de MM. Lippmann, Violle, Bouty, Villard, Branly, Daniel Berthelot, Boussinesq, Carpentier, Émile Picard, a proposé de décerner le prix Hébert à M. Jean-Baptiste Pomey, Ingénieur en Chef des Télégraphes, qui a écrit plusieurs ouvrages très intéressants sur l'électricité théorique (*Cours d'Électricité théorique*, *Introduction à la Télégraphie et à la Téléphonie sans fil*) et de nombreux articles scientifiques et techniques sur tout ce qui touche à l'électricité et à la télégraphie. M. Pomey s'est distingué pendant la guerre par les grands services qu'il a rendus comme chef des services télégraphiques à l'armée de Salonique, puis à l'Établissement central de la Télégraphie militaire.

L'Académie, dans sa séance du 12 décembre 1921, a adopté la proposition de sa Commission.

BIBLIOGRAPHIE

Traité d'électricité théorique rédigé en vue des applications industrielles à l'usage des futurs ingénieurs, conforme aux programmes d'entrée à l'Ecole supérieure d'électricité de Paris et de la licence ès sciences, par J. Carvallo, répétiteur de physique à l'école polytechnique, directeur des ateliers de Paris de la maison Bréguet. Paris, Dunod, éditeur. 1 vol. gr. in-8° de XII-548 pages avec 303 fig.

Electricité industrielle : Problèmes élémentaires avec schémas, par F. Harang, professeur d'électricité à l'école municipale Dorian. Paris, Dunod, éditeur. 1 vol.i n-8° de VI-262 pages avec 167 fig.

Travaux pratiques d'électricité industrielle, par P. Roberjot et C. Féru. T. IV : *Usines génératrices*, *transformateurs*, *canalisation*. Paris, Dunod, éditeur. 1 vol. in-8° de 184 pages avec 194 fig.

Dans ce nouveau volume de leur ouvrage, les auteurs traitent du montage de la partie électrique des usines génératrices et des usines de transformation, en supposant installée toute la partie mécanique.

La traction électrique aux États-Unis, par M. Japiot, ingénieur en chef adjoint des chemins de fer P.-L.-M., et A. Ferrand, ingénieur principal à l'office central d'études de matériel de chemin de fer. Paris, Dunod, éditeur. 1 vol. in-8° de 612 pages avec 126 fig. et XI planches.

Cette copieuse étude, écrite au retour d'une mission en Amérique, fait connaître par le menu les installations que les auteurs ont visitées aux États-Unis pendant trois mois. MM. Japiot et Ferrand exposent ensuite les conclusions qu'ils ont pu dégager de ces données et de leur rapprochement avec les renseignements recueillis sur diverses installations européennes.

Les métallurgies électrolytiques et leurs applications, par A. Levasseur, professeur d'électrochimie et d'électrométallurgie à l'École d'électricité et de mécanique industrielle de Paris. Paris, Dunod, éditeur. 1 vol. in-8° de xvi-256 pages avec 22 fig.

L'auteur s'est proposé l'étude des principales industries métallurgiques faisant usage des procédés d'électrolyse, soit par voie humide soit par voie sèche, sans négliger de faire connaître la situation industrielle véritable des différents procédés. En même temps que les questions d'extraction du métal, d'affinage électrolytique, etc..., l'ouvrage traite aussi des opérations subsidiaires de production des dépôts métalliques.

Le Gérant,

Léon EYROLLES.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS.

11e ANNÉE. MARS-AVRIL 1922. N° 2.

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE PUBLIÉ PAR LES SOINS D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.

PARAISSANT TOUS LES 2 MOIS.



LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE

LÉON EYROLLES, ÉDITEUR

3, Rue Thénard, Paris (Ve)

Prix de l'abonnement annuel { France........ 24 francs / Étranger......... 27 francs

COMMISSION DES ANNALES
DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

AVIS.

Les manuscrits adressés aux *Annales* sont soumis à l'examen d'une Commission dite *Commission des Annales des Postes et Télégraphes*.

Cette Commission se réunit à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, 20, rue Las Cases, Paris, VIIe.

NOTA : La *Commission des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

TABLE DES MATIÈRES.

Les grandes stations radiotélégraphiques
AU POINT DE VUE FINANCIER

Par le Commandant L. CHAULARD.

Quelque temps avant la guerre, la technique en radiotélégraphie avait atteint un développement tel que déjà des essais, assez peu concluants il est vrai, étaient entrepris pour concurrencer le câble sur de longs parcours (1). Sous l'empire de la nécessité, cette application nouvelle de la télégraphie sans fil prit pendant la guerre un essor extraordinaire ; elle a acquis maintenant la sanction de l'expérience.

Mais, si de nombreuses publications nous décrivent minutieusement les procédés techniques mis en œuvre, nous sommes beaucoup moins bien renseignés sur le côté financier de la question. Une liaison à grande distance par T. S. F. est-elle économiquement viable ? C'est ce que nous allons examiner.

L'un des termes du problème : l'importance du trafic, présente toujours, a priori, un grand degré d'incertitude. Il semblerait par contre que l'évaluation des dépenses dût pouvoir se faire avec précision. En réalité, même ici, le sujet est complexe et en voici les raisons.

Parmi les cinq ou six grandes stations existantes, construites toutes en pleine période d'évolution de la technique, nous ne voyons encore aucune installation type. Nous manquons donc, pour asseoir nos prix, de terme de comparaison bien défini.

(1) Marconi, qui poursuivait ses essais depuis 1901, avait, pendant la période qui précéda la guerre, réalisé péniblement une liaison entre l'Irlande et le Canada (3.500 km.). Mais le résultat le plus remarquable fut l'échange de quelques télégrammes de presse entre Nauen et Sayville (6.400 km.) en février 1914.

Même si le type de la station était parfaitement arrêté, il faudrait tenir compte d'un autre facteur. En effet, la station doit s'adapter le mieux possible aux conditions locales ; aussi l'habileté dans le choix des emplacements et dans la répartition des trois organes de l'installation (poste émetteur, poste récepteur et bureau central) peut faire varier le prix de revient et les dépenses d'exploitation dans de larges limites.

L'instabilité actuelle des prix, qui complique encore notre tâche, ne clôt pas la liste des difficultés. Le prix du matériel spécial intervient pour une large part dans les frais d'installation d'une grande station. Or, presque fatalement, les sociétés de construction d'appareils, dont le débouché est forcément limité, ont partie liée avec les sociétés d'exploitation ; et, dans un domaine aussi restreint, où la concurrence n'intervient pour ainsi dire plus comme un élément modérateur, il reste une large part d'arbitraire dans la fixation des prix.

Pour toutes ces raisons, nous chercherons bien moins à évaluer avec précision les dépenses dans un cas bien défini, qu'à déterminer des limites de prix entre lesquelles de bonnes solutions peuvent être trouvées.

Organisation d'une station. — Avant de commencer notre étude, il est indispensable d'exposer succinctement les principes généralement admis, à l'heure actuelle, pour l'organisation de communications à grande distance.

Le type normal de l'installation a été jusqu'ici la station isolée ; elle comprend deux organes distincts, éloignés suffisamment l'un de l'autre pour ne pas se gêner : un poste émetteur qui est une véritable usine et un ou plusieurs postes récepteurs. La manipulation se fait à l'usine même, qui est alors convenablement reliée au réseau télégraphique ordinaire.

Ce système est encore parfaitement admissible surtout si l'on n'a affaire qu'à un seul correspondant.

Mais, dans le cas le plus général, où les correspondants sont nombreux et ne peuvent être desservis par un seul poste émetteur, il y a intérêt à renoncer au système des stations isolées ;

la nécessité de réduire au minimum le prix de revient et les dépenses d'exploitation, conduit à grouper d'une part les organes d'émission et d'autre part les stations réceptrices. De la sorte, l'utilisation des parties coûteuses de l'installation, telles que : pylônes, antennes, bâtiments, usine génératrice d'énergie, est plus complète. En outre, la possibilité qu'ont les postes de pouvoir se prêter assistance mutuelle en cas de trafic exceptionnel, de difficultés anormales dans les communications, ou tout simplement en cas d'avarie, permet de donner à l'exploitation le maximum de souplesse.

Les deux groupes d'organes ainsi constitués sont reliés à un point, le cœur du système, où se fait la manipulation des signaux et même la lecture des messages. C'est le bureau central : il collecte le trafic et dirige l'exploitation.

C'est dans une telle organisation que nous voyons apparaître une des principales difficultés de notre problème. Le choix de chacun des trois emplacements principaux, si l'on ne tenait pas compte des besoins de l'ensemble, serait déterminé par des conditions bien nettes. Pour le poste émetteur, par exemple, les facilités d'achat du terrain, le prix de revient de la force motrice, la commodité des travaux et des transports seraient les considérations déterminantes ; le bureau central, siège de toute l'activité commerciale, serait bien placé au centre même du trafic. Mais on devra se contenter d'un compromis, car il est du plus grand intérêt, pour des raisons budgétaires et pour la sécurité du service, de réduire, autant que faire se peut, la longueur des lignes qui relient le centre à ses deux groupes d'organes.

Estimation du prix de revient. — Évaluons d'abord le prix de revient d'une station isolée ; nous irons ainsi du simple au composé et nous saisirons mieux les avantages du groupement des postes.

Supposons que cette station soit dotée de 8 pylônes de 250 mètres. Nous admettrons : qu'avec une antenne suffisamment développée, les effets de saturation ne se feront pas encore

sentir (1) quand l'intensité du courant atteindra 600 ampères, que l'énergie mise en jeu sera alors de moins de 400 kilowatts, et qu'on pourra, dans ces conditions, assurer, en toute circonstance, de bonnes communications jusqu'à 6.000 kilomètres.

Ainsi que nous l'avons dit plus haut, nous allons estimer les frais d'établissement dans deux cas extrêmes qui encadreront une bonne solution moyenne ; l'un correspondra à un ensemble de conditions favorables (prix d'achat modérés, prix de revient peu élevés) mais non exceptionnelles, et à une compression sérieuse des dépenses ; l'autre, à des conditions peu favorables et à des vues plus larges. Dans le premier cas, la station sera équipée au moyen d'arcs, machines simples à construire et non couvertes par des brevets ; dans l'autre, elle sera pourvue d'alternateurs.

Les besoins mêmes de l'entreprise, des raisons de sécurité, le souci d'éviter les dépenses inutiles nous imposent certaines dispositions générales.

C'est ainsi que la superficie du terrain nécessaire au poste émetteur ne peut guère être inférieure à 100-150 hectares, mais 50 ares suffisent largement aux besoins de la station de réception. L'émission doit être pourvue d'un double jeu de machines; la réception, d'un double jeu d'appareils munis de dispositifs permettant l'enregistrement rapide des signaux et la protection contre les troubles d'origine atmosphérique. De plus, la station doit disposer de deux sources d'énergie ; nous admettrons qu'elle possède une centrale thermique et qu'elle est, en outre, reliée à un réseau de distribution.

Enfin il y a intérêt à établir les salles des machines sur des sous-sols spacieux, comme il est fait dans quelques-unes de nos plus belles stations. Toutefois, il y aura un peu moins de luxe mais un peu plus de confort que dans celles-ci. Il semble préférable, en effet, de traiter les bâtiments techniques sans

(1) La charge que peut supporter une antenne, à une fréquence déterminée, dépend surtout de la capacité de cet organe ; quand la charge dépasse une certaine valeur, les pertes croissent rapidement : il y a saturation de l'antenne.

recherche architecturale, sans souci exagéré de la solidité, comme il convient à une entreprise susceptible de se modifier complètement en l'espace de 20 ou 25 ans. Par contre, il paraît indispensable de prévoir, tout au moins, le logement du directeur du poste d'émission ainsi que des salles de réunion pour le personnel de ce poste.

A côté de ces dispositions générales, d'autres moins impératives, mais d'une grande influence sur le prix de revient, pourront varier d'une station à l'autre.

Dans l'un des cas, nous supposerons que la station a des pylônes haubannés; dans l'autre, des tours ou des pylônes encastrés. La différence entre les prix de revient de ces deux genres d'ouvrages tend beaucoup à s'atténuer. Déjà, par rapport à la tour Eiffel, les tours beaucoup plus légères de Croix d'Hins marquaient un grand progrès. Des recherches récentes permettent de réduire encore considérablement le poids des constructions de ce genre; la masse métallique des pylônes haubannés de 250 mètres atteint 120 tonnes environ; celle des tours de même hauteur peut être estimée maintenant à 250 tonnes.

Les deux installations différeront surtout par le choix du système d'émission. L'une utilisera l'arc et aura deux appareils de 500 kilowatts, l'autre l'alternateur. Au lieu de deux alternateurs de 500 kilowatts, il semble avantageux de prendre trois machines de 250 kilowatts. En régime de marche normal, on couple deux d'entre elles; dans les conditions les plus favorables une seule suffit aux besoins du poste; dans tous les cas, la troisième est toujours en réserve. Le service est à la fois sûr et économique.

Les dépenses à prévoir, dans chacun de nos deux cas, se répartissent comme l'indique le tableau ci-dessous. Les prix comprennent, s'il y a lieu, le transport et l'installation du matériel et l'aménagement du terrain. Le prix des pylônes se rapporte aux conditions du marché en octobre 1921 et celui des alternateurs est basé sur les propositions les plus onéreuses qui soient parvenues à notre connaissance.

Enfin une dernière remarque s'impose; elle est essentielle pour interpréter convenablement les chiffres du tableau. Nos

prix limites correspondent à des éventualités qui n'ont pas toutes deux les mêmes chances de se produire. La solution la moins onéreuse vise surtout des cas normaux, si bien qu'il est possible, dans des conditions exceptionnelles, de descendre au dessous du prix de revient qu'elle indique. L'autre concerne un ensemble de conditions désavantageuses qu'il est peu probable de voir se réaliser toutes à la fois, car, en général, on ne consentira à augmenter les dépenses d'un chapitre que pour profiter d'une réduction d'autre part.

Terrains	450.000	1.150.000
Bâtiments, pylônes, mobilier	5.700.000	7.700.000
Machines non spéciales (alimentation du poste en énergie, alimentation des machines de haute fréquence, outillage)	2.850.000	3.450.000
Matériel spécial de haute fréquence (machines, antenne, réception)	950.000	3.850.000
Liaisons et, s'il y a lieu, lignes de transport de force	850.000	1.600.000
Frais généraux (frais de constitution de société et de premier établissement (commissions, banques, direction, études, essais des machines, intérêts intercalaires)	1.400.000	2.350.000
	12.200.000	20.100.000

Cherchons maintenant le prix de revient de la station à émissions multiples. Nous supposons qu'elle peut faire deux émissions simultanées, chacune d'une puissance de 400 à 500 kilowatts, ou une seule émission de 800 à 1000 kilowatts. Il suffit qu'à cet effet elle dispose de deux antennes convenables, qu'on puisse utiliser ensemble ou séparément.

A quels besoins répond une telle station ?

Elle dépasse largement tout ce qui a été fait ; il est difficile de dire, faute d'expérience, quelle pourra être sa portée en toute circonstance. Par contre, on peut être certain qu'avec ses 800 ou 1000 kilowatts, elle sera entendue, au moins pendant quelques heures, en un point quelconque du globe terrestre.

Grâce à ses aptitudes si diverses, elle pourra, tout en assurant

les communications les plus lointaines, c'est-à-dire les plus rémunératrices, drainer un trafic intense, susceptible de l'alimenter d'une façon continue ; c'est là tout son intérêt, il est capital au point de vue du rendement économique de l'installation.

En dotant celle-ci de trois alternateurs de 500 kilowatts alimentés par trois groupes différents, elle pourra satisfaire à toutes les exigences. Nous n'envisageons pas l'emploi de l'arc, non que cet appareil soit inapte au service d'une telle station, nous le croyons au contraire fort intéressant pour faire des émissions multiples, mais, trop négligé jusqu'ici, il ne possède encore, pour cet usage, aucun dispositif ayant fait ses preuves.

Par rapport à la station isolée, les dépenses relatives à l'achat du terrain (250 à 350 hectares), aux pylones, à l'antenne, sont doublées, ou presque doublées ; mais celles qui concernent les bâtiments ne sont guère majorées que de 20 %; on réalise ainsi, comparativement, de grosses économies sur les machines de secours et la centrale d'alimentation. Par contre, en raison de l'envergure de l'entreprise, l'importance des liaisons peut être, ici, considérablement accrue.

L'estimation des dépenses, dans deux cas limites, nous donne alors le tableau suivant :

STATION MUNIE DE 2 ÉMISSIONS DE 500 kW OU D'UNE ÉMISSION DE 1.000 kW.

Terrains	1.100.000	2.400.000
Bâtiments, pylônes, mobilier	9.900.000	12.900.000
Machines non spéciales	4.450.000	5.150.000
Matériel spécial H. F. (alternateur)	4.800.000	6.300.000
Liaisons	1.200.000	2.000.000
Frais généraux	2.500.000	3.200.000
Soit, en gros :	24.000.000	32.000.000

En raison de l'emploi unique d'alternateur, l'écart des prix de revient est relativement beaucoup moins sensible que pour la station isolée.

Exploitation. — Nous allons examiner maintenant les frais auxquels aurait à faire face une société chargée de l'entreprise ;

les uns sont relatifs aux amortissements, les autres concernent tout spécialement l'exploitation.

Les premiers regardent :

le loyer et le remboursement du capital engagé ;

l'amortissement des frais de constitution, d'établissement et celui des intérêts intercalaires ;

le renouvellement du matériel.

On peut, dans une étude comme celle-ci, n'envisager qu'un intérêt uniforme : il représenterait, pour la part du capital constituée par des obligations, l'intérêt normal augmenté des dépenses d'amortissement de la dette, et, pour le capital actions, le dividende minimum sur lequel peuvent légitimement compter les actionnaires. Pour des obligations, un intérêt de 6 °/₀ (net d'impôt) et un remboursement de la dette en 25 ans nous conduiraient au taux de 8,7 °/₀ ; nous majorerons légèrement ce chiffre et fixerons l'intérêt uniforme à 9,1 °/₀ pour tenir compte, s'il y a lieu, de la différence entre la valeur nominale des titres et leur *taux* d'émission.

D'une façon générale, il faut prévoir le renouvellement de toute l'installation dans un délai assez court. Dans 20 ou 25 ans, les procédés en usage peuvent être complètement modifiés, les bâtiments techniques eux-mêmes peuvent n'être plus que de peu d'utilité. Aussi la part annuelle de renouvellement du matériel doit-elle être importante. Nous la calculerons sur les bases suivantes : pour les bâtiments et les pylones, 4 °/₀ de la valeur primitive ; pour les machines ordinaires et les liaisons, 6 °/₀ ; pour les machines H. F. et le matériel spécial, 15 °/₀. Ce dernier taux ne paraît pas excessif car il s'agit d'un matériel qui peut être démodé rapidement. Mais est-il suffisant ? Nous croyons pouvoir répondre par l'affirmative. Un matériel bien conçu, bien entretenu, est assuré, quoiqu'il arrive, de rendre des services importants pendant une période de six ans ; si par hasard quelques modifications urgentes s'imposaient, les frais qu'elles entraîneraient pourraient être plus que compensés par l'utilisation, au delà de la durée prévue, d'une autre partie du matériel.

Les frais d'études, d'essais, etc... peuvent être à renouveler au

cours de l'exploitation ; du reste, en bonne règle, tous les frais généraux qui ont grevé l'entreprise dès ses débuts (frais de constitution, d'études, intérêts intercalaires), ne correspondant à aucune valeur réelle, doivent disparaître des comptes assez rapidement, à tous nous appliquerons le taux d'amortissement de 10 %.

A part quelques exceptions de détail, nous pourrons donc, des tableaux relatifs aux dépenses, déduire immédiatement les divers frais d'amortissement.

Reste à évaluer les dépenses d'exploitation. Elles se répartissent comme suit :

Salaires du personnel ;
Frais d'entretien et réparations ;
Matières consommables.

Elles dépendent, en général, des deux facteurs du trafic : la durée journalière de l'exploitation et la vitesse de transmission. Ceci en complique un peu l'estimation.

Examinons d'abord la question des salaires.

La station d'émission, pour peu que le service soit chargé, doit pouvoir être mise en action à un instant quelconque ; l'importance du personnel y est alors presque indépendante de celle du trafic. Prenons donc le cas d'un fonctionnement permanent assuré par quatre équipes, de service à tour de rôle ; nous évaluerons à environ 440.000 francs pour un total de 38 personnes le montant des salaires (assurances et toutes majorations comprises) dans le cas de la station isolée, et à 550.000 francs (46 personnes) dans l'autre. Pour la réception et la transmission des messages, il faut d'abord un personnel fixe — nécessaire quelle que soit la vitesse des échanges — dont la rétribution sera évaluée à 300.000 francs pour 22 personnes dans un cas, à 350.000 francs pour 26 personnes dans l'autre ; il faut en outre un personnel variable dont l'importance est sensiblement proportionnelle au débit horaire des appareils. On peut admettre qu'avec les dispositions convenables les dépenses relatives au salaire de ce personnel variable seront de 240.000 francs (28 per-

sonnes) pour une vitesse de transmission de 1000 mots à l'heure (1). Des progrès prochains permettront sans doute de réduire le montant de ces dépenses.

Les frais d'entretien et de réparations sont loin d'être proportionnels à l'importance du trafic ; tablant sur les données fournies par une grande station française, convenablement majorées pour s'adapter au cas présent, nous estimerons ces frais à 180.000 francs pour la station isolée, à 300.000 francs pour la station à deux émissions.

Par contre, les dépenses en matières consommables dépendent essentiellement de la durée exacte du travail ; parmi elles, celles qui sont relatives à l'énergie tiennent la première place ; l'importance du sujet exige quelques détails.

D'abord quelle quantité d'énergie faut-il fournir à la station ? L'arc, tel qu'il est employé dans les grands postes, a au maximum un rendement global de 36 % (2). L'alternateur exige un appareillage un peu plus compliqué, ce qui augmente légèrement certaines pertes, mais il consomme peu dans l'intervalle des signaux. Il en résulte au total, par rapport à l'arc, une économie notable qui, à égalité de puissance rayonnée, est d'environ 25 % de la consommation totale. Ces chiffres correspondent à peu près aux conditions optima actuelles.

En conséquence, la charge d'antenne étant de 400 kilowatts, on peut adopter, pour la consommation totale : 1100 kilowatts heures pour l'arc, 825 pour l'alternateur. Ce dernier chiffre sera un peu plus que doublé dans le cas de deux émissions simultanées pour tenir compte des augmentations de résistance possibles.

Maintenant, à quelle source d'énergie doit-on recourir ? En raison de l'importance de la consommation, si le réseau n'est pas

(1) Nous admettrons pour simplifier que le total des mots reçus est égal à celui des mots transmis. Il est supposé également que les postes correspondants, quoique situés dans des contrées éloignées et appartenant en général à des sociétés différentes, sont de même valeur technique.

(2) Pour ne nous en tenir qu'à ce qui peut être réalisé de suite et avec certitude, nous admettons que l'arc travaille avec onde de compensation. La suppression de cet onde, pour les postes puissants, n'est plus sans doute qu'une question de temps.

alimenté par des usines hydrauliques ce sera généralement à la centrale thermique dont dispose le poste. Le réseau de distribution n'interviendra alors que comme moyen de secours. Nous laissons donc de côté, pour le moment, le cas exceptionnel, mais cependant des plus intéressants, où l'énergie, étant d'origine hydraulique, serait livrée à des conditions particulièrement avantageuses.

Déduction faite de la part d'amortissement, qui figure déjà dans nos comptes généraux d'amortissement, nous supposons que le prix de revient du kilowatt-heure est d'environ 22 centimes (les frais de production étant estimés à 17 centimes). La dépense d'énergie pendant une heure de fonctionnement est alors d'environ 242, 182 et 405 francs selon qu'il s'agit d'un arc, d'un alternateur ou de deux alternateurs. Comme on ne peut éviter les menus incidents, les temps morts, nous supposerons que la durée réelle de marche des machines est de 22 heures par jour.

L'estimation des autres dépenses concernant les matières consommables, peut se faire par comparaison avec les données d'une station existante ; nous les évaluerons à 12.000 francs par heure et par an pour une installation à arc, à 10.000 francs pour une émission à alternateur.

Partant de ces données, nous pourrons établir le tableau des dépenses annuelles qu'il est légitime de prévoir dans le cas d'une station de 500 kilowatts.

	1er type	2e type
Rémunération du capital	1.110.000	1.830.000
Répartition des frais de constitution, d'établissement, et des intérêts intercalaires	140.000	235.000
Renouvellement de l'installation	550.000	1.185.000
Total des dépenses fixes	1.800.000	3.250.000
Personnel fixe	750.000	750.000
En plus, pour un trafic de $n \times 100$ mots	$n \times 240.000$	$n \times 240.000$
Entretien	180.000	180.000
Energie et matières consommables	1.940.000 220.000	1.550.000 220.000
Total des dépenses d'exploitation :	3.130.000 $+ n \times 240.000$	2.700.000 $+ n \times 240.000$

Ce tableau fait ressortir immédiatement l'ordre d'importance des dépenses, dans le cas d'une exploitation intensive. Nous reviendrons d'ailleurs sur ce point. Par contre il masque un fait, pourtant évident a priori : c'est qu'il y a intérêt, dans la mesure où les nécessités du service le permettent, à diminuer la durée du trafic par l'augmentation du débit horaire.

On ferait apparaître ce résultat en exprimant les dépenses, non plus par jour, mais par tour de service pour ce qui concerne le personnel, et par heure de fonctionnement pour ce qui tient aux matières consommables.

On voit facilement que, si q est le nombre des tours de service et h le nombre d'heures de transmission, la dépense totale s'exprime par une relation de la forme

$$A + Bq + Cqn + Dh$$

où $Bq + Cqn$ représente les salaires de personnel, Dh le prix des matières consommables.

Dans les meilleures conditions d'utilisation du personnel, le produit qn reste sensiblement constant pour un trafic déterminé : en effet, si par exemple le nombre des tours de service est réduit de moitié, la vitesse de transmission doit doubler. Quant à q et h, ils doivent varier proportionnellement. On voit bien alors qu'il y a intérêt à réduire h, la durée, en heures, de la transmission.

Ces remarques auraient toute leur valeur dans un cas concret, surtout pour une exploitation de faible importance. Mais limitons-nous au cas envisagé jusqu'ici : celui d'un service permanent.

En arrondissant les chiffres, nous arrivons à un total de dépenses qui est, en francs, de :

$$5.000.000 + n \times 240.000$$

pour le premier type de station de 55 kilowatts, et

$$6.000.000 + n \times 240.000$$

pour le second.

En regard de ces dépenses, faisons figurer les recettes. Nous

supposons que sur 1.000 mots transmis, 700 sont utiles et payent une taxe dont le taux moyen, par mot, est T. La recette totale annuelle, correspondant à un trafic journalier de 22 heures, est donc $700 \times 22 \times 365 \times n \times T$, soit approximativement $5.600.000 \times n \times T$ francs.

L'affaire, au point de vue financier, ne commencera à être viable que lorsqu'il y aura équilibre entre les deux comptes. Cette condition fixe le minimum admissible pour la taxe moyenne.

Pour voir où nous conduisent ces données, prenons comme point de départ une vitesse moyenne de 1.000 mots à l'heure. Elle correspond à environ 15.000 mots utiles par jour, c'est-à-dire au trafic moyen d'un des câbles reliant la France à l'Amérique. Le prix de revient du mot transmis serait alors d'environ 0 fr. 93 pour la station du premier type, et 1 fr. 12 pour l'autre.

Ces prix se rapportent aux conditions les plus désavantageuses, celle où l'on ne profite nullement des avantages d'une transmission rapide : ils sont légèrement exagérés, parce qu'en réalité on profiterait des heures favorables à la propagation des ondes pour réduire un peu l'énergie consommée.

Si l'importance du trafic permet d'avoir recours pendant toute la durée du service à une grande vitesse de transmission, la situation s'améliore rapidement. Comme le montre immédiatement la relation donnant la taxe minimum T, celle-ci est, en fonction de n : $\frac{0,89}{n} + 0,04$ dans le premier cas et $\frac{1,07}{n} + 0,05$ dans l'autre. C'est dire que pratiquement le prix de revient est à peu près réduit dans le rapport $1/n$. On peut encore exprimer ce résultat sous une autre forme, qui, peut-être, fait mieux ressortir l'importance de l'affaire au point de vue financier : la taxe étant maintenue au taux primitif (0,93 ou 1,12), l'augmentation de la vitesse donne des bénéfices supplémentaires qui sont de l'ordre de $5.600.000 (n - 1)$ francs. Cette somme correspondrait donc à peu près entièrement au solde à répartir entre les actionnaires et le conseil d'administration.

Il ne s'agit évidemment dans cette étude que de simples

moyennes. Nous avons supposé un débit horaire régulier ; en réalité il sera impossible d'avoir un service aussi uniforme. Les difficultés des communications croissent à certaines heures de la journée ; pendant ces périodes, on devra réduire la vitesse de transmission ; mais, pour un gros trafic, la dépense en énergie sera sensiblement constante, une transmission rapide exigeant, à conditions de réception égales, plus de puissance qu'une transmission lente. Il en résultera en fin de compte une diminution du rendement en mots transmis et par conséquent une augmentation de prix de revient du mot ; l'avantage du service rapide sera un peu moins marqué que ne l'indiquent les chiffres auxquels nous étions parvenus.

Nous pouvons maintenant, en utilisant les données précédentes, établir le tableau des dépenses concernant la station à émissions multiples.

Station de 1.000 kW pouvant faire deux émissions simultanées sur 500 kW.

	1er type	2e type
Rémunération du capital	2.180.000	2.910.000
Répartition des frais généraux du compte de premier établissement	250.000	320.000
Renouvellement du matériel	1.450.000	1.870.000
Total des dépenses fixes	3.880.000	5.100.900
Personnel fixe	900.000	900.000
et, en plus, pour $2n \times 1.000$ mots, approximativement	$2n \times 240.000$	$2n \times 240.000$
Entretien	300.000	300.000
Énergie, Matières consommables	3.260.000	3.260.000
	440.000	440.000
Total des dépenses d'exploitation	4.900.000	4.900.000
	$+ 2n \times 240.000$	$+ 2n \times 240.000$

Le montant des dépenses, en chiffres ronds, sera donc, dans le premier cas :

$$8.800.000 + 2n \times 240.000,$$

et dans le second :

$$10.000.000 + 2n \times 240.000.$$

Si h et h' sont par jour le nombre d'heures pendant lesquelles on utilise, d'une part une émission à pleine puissance, d'autre part deux émissions simultanées, T et T' les taxes moyennes appliquées dans ces deux cas, les recettes annuelles seront : $700 \times (h\,T + 2\,h'\,T')\,n \times 365$ ou sensiblement

$$1.120.000\ n\ (h\,T + h'\,T')$$

Sans nous attarder à une discussion oiseuse, supposons, pour nous faire une idée des résultats, que $T = 2\,T'$, la taxe moyenne pour l'émission puissante étant double de la taxe ordinaire. Au point de vue des recettes, les conditions de marche seraient alors indifférentes ; en général il n'en sera pas ainsi : la disproportion entre les deux taxes sera plus élevée que nous ne supposons et il y aura intérêt à accroître le trafic assuré par l'émission la plus puissante. Mais nous ne cherchons ici qu'un chiffre moyen.

Le minimum admissible pour T' est alors voisin de 0 fr. 82 dans le premier cas et de 0 fr. 93 dans le second, T' diminuant du reste à peu près proportionnellement à $1/n$. A débit égal, on voit donc quel sérieux avantage on trouve à remplacer deux stations de 500 kilowatts isolées par une station unique.

Comparaison avec les résultats obtenus à l'étranger. — Il eût été intéressant de pouvoir comparer nos résultats à ceux obtenus à l'étranger ; mais nous ne possédons que quelques renseignements sommaires ; essayons cependant de les utiliser.

Dans son rapport établi en 1920, l'Imperial Wireless Telegraphic Committee, chargé d'étudier le projet de réseau colonial anglais, admettait que le prix de deux stations à arc, capables de couvrir une distance de 8.000 kilomètres, serait de L. 615.000, c'est-à-dire, au cours actuel du change, d'environ 14 millions de francs par station. Il estimait les charges annuelles, pour un trafic ininterrompu, à L. 155.000, soit environ 25 °/₀ du capital. On sait du reste que l'Imperial W. T. Committee ne s'est pas arrêté au projet de stations puissantes. Malgré tous les inconvénients qu'entraînent des retransmissions successives, il a donné la préférence aux stations moyennes et conclu à la création

d'un réseau de stations distantes au plus de 2000 miles (3.200 Km). Les dépenses d'installation sont évaluées pour l'ensemble à L. 1.243.000 soit, au cours du change, environ 8 millions de francs par station. L'établissement d'une communication à 6000 kilomètres revient donc à trois fois cette somme, soit 24 millions de francs, prix qui reste dans les limites que nous nous sommes fixées. Les charges annuelles — il s'agit de postes à lampes — sont estimées à 34 °/₀ du prix de revient. C'est un taux que nous n'atteignons guère que dans les stations puissantes isolées travaillant avec arc, à cause du bas prix de revient de ces stations.

Nous trouvons encore une indication relative à notre sujet dans un numéro spécial que la *Telefunken Zeitung* a consacré au poste de Nauen (1). Pour les grandes stations, l'ensemble des charges annuelles y est évalué à 30 °/₀ du prix d'établissement. C'est à peu près le pourcentage moyen auquel nous aboutissons. Nous pouvons préciser un peu et dire qu'en général le taux des charges fixes d'une grande station radiotélégraphique est légèrement supérieur à celui adopté dans les autres industries électriques, ce qui provient d'une dépréciation du matériel plus rapide. Il est d'environ 14 à 16 °/₀ du capital engagé ; les dépenses de personnel, très variables avec l'importance du trafic, se tiennent en général entre 4 et 10 °/₀ et les autres dépenses entre 10 et 17 °/₀.

Résultats et conséquences. — Reprenons maintenant l'examen des tableaux précédents ; leur étude est instructive.

Un facteur essentiel intervient dans la fixation du prix de revient : c'est l'intensité du trafic. Celui-ci est-il faible, les charges fixes de l'installation prennent une importance capitale. Pour un débit de 1000 mots à l'heure (environ 15.000 mots utiles par jour) les dépenses relatives soit au personnel, soit à l'entretien, sont bien inférieures à celles qui concernent la fourniture d'énergie et surtout aux dépenses fixes : celles-ci interviennent, par rapport aux charges totales, dans une proportion

(1) *Telefunken Zeitung*. Festschrift zur Einweihung der Grossfunkenstelle, Nauen, 1920.

variant de 36 à 55 % (1) ; celles-là étant comprises entre 40 et 27 %, leur total détermine presque uniquement le prix de revient du mot transmis.

Or le prix de revient auquel nous sommes parvenus diffère peu de la taxe appliquée par les compagnies de câbles aux communications Europe-Amérique ; on voit donc quel intérêt majeur peut s'attacher, dans le cas particulier d'un trafic modéré, à la réduction de ces deux principales sortes de dépenses. Dans notre exemple, ce serait une question de vie ou de mort pour l'entreprise.

Il faut donc tout d'abord s'appliquer à restreindre le plus possible les frais d'installation, ce qu'on obtient par une étude approfondie, une surveillance étroite des travaux et un contrôle serré des dépenses. Quant à la diminution des dépenses d'énergie, l'autre partie du problème, elle sera recherchée à la fois par le choix judicieux de la force motrice et de l'emplacement du poste, et par des dispositions techniques convenables.

N'est-il pas tentant d'éloigner l'usine jusque dans les régions privilégiées où la force motrice est à bon marché, et même ne pourrait-on alors, en se raccordant à deux réseaux de distribution, supprimer complètement l'usine thermique? On est malheureusement bientôt arrêté dans cette voie par les charges supplémentaires qu'entraîne le développement des liaisons.

La difficulté cependant ne paraît pas tout à fait insoluble. Les conducteurs sont coûteux ; on pourrait utiliser au maximum ceux qui existent ; on pourrait même s'en passer, et nous pouvons ainsi entrevoir deux solutions reposant toutes deux sur l'emploi des courants de haute fréquence. L'une consisterait à se servir des conducteurs des lignes existantes pour guider les oscillations, ainsi qu'on le fait déjà par la téléphonie ; l'autre utiliserait tout simplement des postes radiotélégraphiques, mais adaptés tout spécialement aux besoins de la télémécanique.

Sans attendre la mise au point de ces procédés, il est indispensable d'examiner, avant d'adopter un projet, si tout au moins

(1) Cette proportion augmenterait encore sensiblement si le prix du charbon venait à baisser.

l'on ne peut, en éloignant suffisamment le poste émetteur, profiter quelque peu des avantages qu'offre l'énergie hydraulique. Parfois il sera possible, en effet, par une combinaison judicieuse permettant de recourir tantôt au réseau, tantôt à la centrale thermique, de réduire d'une façon appréciable le prix de revient de l'énergie.

Pour un très gros trafic, cette compression de dépenses, qui joue un si grand rôle dans les exploitations moyennes, n'a peut-être plus la même importance vitale ; il y a toujours néanmoins un intérêt sérieux à la réaliser. Du reste sait-on jamais quelle sera l'intensité du trafic ? Les statistiques sont, en général, inutilisables, car les câbles travaillent souvent à saturation ; elles n'indiqueraient d'ailleurs que de faibles besoins ; elles ne permettent guère d'estimer ce que deviendraient les échanges en cas de communications sûres, rapides, soumises à des taxes pas trop élevées. Les prévisions risquent donc fort de se trouver en défaut. Au reste, citons des chiffres. On a évalué les besoins de la presse sud-américaine, en informations européennes, à plus de 30.000 mots par jour (1) ; d'autre part il a été dit qu'un total de 25.000 mots dépasserait de beaucoup la demande allemande actuelle sur les lignes germano-américaines (2). Le rapprochement de ces chiffres suffit à nous mettre en garde ; les évaluations a priori ont tout juste la valeur de simples indications. Il convient donc, sans être pessimiste, d'être prudent.

Au surplus, une autre raison nous conduirait aux mêmes conclusions. Un trafic important, très rémunérateur, suscitera la concurrence ; or celle-ci, en divisant le trafic, en abaissant les tarifs, peut faire sombrer une entreprise qui s'annonçait comme très prospère. Diminuer les frais au maximum, même quand tout s'annonce sous les plus souriants auspices, est donc faire acte de sage prévoyance.

D'après ce qui précède, on conçoit tout l'intérêt des accords commerciaux entre les sociétés outillées pour se faire concurrence. Elles y trouvent l'avantage, surtout dans la période de

---

(1) *Radio-Électricité* : 1920, n° 8.
(2) *Telefunken Zeitung* : 1920, article déjà cité.

début, soit de s'assurer des débouchés et un gros développement du trafic, soit de limiter les dangers de la concurrence.

Quand y a-t-il supériorité sur le câble? — Mais le concurrent le plus redoutable n'est-il pas le câble sous-marin ? C'est là en somme le problème même de l'avenir des grandes stations radiotélégraphiques. Nous allons voir dans quels cas celles-ci l'emportent nettement sur celui-là, et en quoi réside cette supériorité.

Soit à réaliser une communication à 6.000 kilomètres de distance. Pour un tel parcours, le prix d'établissement d'un câble est estimé à l'heure actuelle à un peu plus de 50 millions de francs ; c'est environ le double du prix de revient de deux stations de 500 kilowatts capables d'assurer la liaison d'une façon parfaite. C'est un fait connu ; il a été signalé par Sollff (1) ; cet auteur a même ajouté qu'à débit égal les frais d'exploitation sont, pour le câble, environ moitié de ce qu'ils seraient avec la liaison radiotélégraphique ; au total le prix de revient du mot serait à peu près identique dans les deux cas ; il suffit de retenir qu'il est, dans les deux systèmes, du même ordre de grandeur.

Mais le débit d'un long câble est très limité (2). Un total de 20.000 mots utiles, 22.000 au maximum, c'est la capacité actuelle des lignes sous-marines qui relient la France à l'Amérique. Dans les meilleures conditions possibles, la technique ne laisse guère espérer, pour un câble de 6.000 Km, qu'un débit de 2.000 mots à l'heure. Or c'est ce que peuvent donner les installations radiotélégraphiques les moins perfectionnées ; mais les possibilités de la T. S. F. sont bien autrement considérables. On peut d'ores et déjà, dans les grandes stations, dépasser sans peine une vitesse de 3.000 mots à l'heure, et il est très raisonnable d'admettre qu'on pourrait dès maintenant,

(1) *Telefunken Zeitung*, 1920 (voir plus haut). Solff, Nauen's Bedeutung für Deutschland in Weltverkehr.

(2) La constante de temps du câble, inversement proportionnelle au débit, croit comme le carré de la longueur.



en cas de besoin, atteindre des vitesses de 5 à 6.000 mots (1). La supériorité de la liaison radiotélégraphique devient alors éclatante et il ne semble pas que le câble, pour les très longs trajets, soit en état de remédier de sitôt à une situation qui lui est si défavorable.

Sans doute, à l'égard des câbles existants, établis à bas prix ou amortis en partie, la comparaison est moins désavantageuse.

Sans doute aussi, pour de très grandes distances, de l'ordre de 6.000 Km et plus, chercherait-on à sectionner le câble pour augmenter le débit ; on diminuerait même par cette opération le prix unitaire du conducteur. Mais encore faut-il disposer de points d'atterrissage intermédiaires. Dans tous les cas, on allonge ainsi le parcours total ; on doit recourir à des relais de transmission ; on augmente les frais d'exploitation et l'on ne peut, malgré tout, éviter les longs trajets de 4.000 Km et plus, qui, eux, limitent le débit d'une façon absolue.

Cela ne modifie guère notre conclusion : si le trafic est susceptible d'un grand développement, la T. S. F. l'emporte de beaucoup sur le câble pour les communications à très grandes distances (2). Même dans les conditions qui, pour ce dernier, semblent actuellement favorables, elle peut espérer, grâce à une souplesse qu'elle possède au plus haut point et qui est interdite au câble, pouvoir par le choix judicieux de la taxe, passer d'une situation désavantageuse à une autre très rémunératrice.

Elle peut enfin, avec une seule station, desservir, dans de bonnes conditions économiques, plusieurs lignes qui, prises isolément, ne pourraient justifier, en raison de leur faible importance, la pose d'un câble.

---

(1) La grande vitesse est, en fait, encore peu employée dans les grandes stations. Il faut y voir surtout le résultat d'un défaut d'ententes entre services complètement étrangers l'un à l'autre. Les accords commerciaux entre sociétés feront sans doute disparaître rapidement ces inconvénients.

(2) Le câble a cependant une supériorité, celle du secret des communications. Il semble pourtant que l'importance de cet avantage soit souvent très exagérée. Dans bien des cas, des transmissions très rapides et très nombreuses assureront en fait un secret très suffisant.

Conclusions générales. — Les résultats auxquels nous sommes parvenus nous montrent quelle situation favorable la T. S. F. occupe déjà, par rapport au câble, pour les communications lointaines. Les améliorations qu'il est déjà permis d'escompter, les progrès continus qu'on est en droit d'attendre d'une science en plein développement, ne peuvent qu'atténuer les quelques difficultés que nous avons dû signaler et renforcer toutes les conclusions optimistes.

Les grandes stations semblent donc appelées à jouer un grand rôle dans la vie économique des nations. Leur avenir financier paraît brillant ; est-ce à dire qu'il n'y ait rien d'aléatoire ? La technique peut nous répondre.

Ce qui, dans les grandes stations, doit peut-être le plus nous étonner, ce n'est pas tant les portées extraordinaires qu'elles atteignent, que le fait d'arriver à de tels résultats malgré l'imperfection des procédés mis en œuvre. A partir du moment où une énorme quantité d'énergie est fournie à l'antenne, c'est un véritable gaspillage qui commence. La majeure partie de cette énergie, presque tout, est dissipée sur place ; le peu qui reste est envoyé dans toutes les directions, là où il n'a que faire ; ne parvient au récepteur, et presque par hasard, qu'une infime portion. Il est impossible qu'on ne puisse remédier à une situation dont on connaît si bien les défauts.

Tout nous fait donc croire à de nouveaux, à de grands progrès, susceptibles de menacer l'existence même des stations puissantes ; leur puissance semble disproportionnée au but à atteindre.

Il y a loin, sans doute, du rêve à la réalité. Peut-être ce bouleversement prévu se fera-t-il encore longtemps attendre. Cependant il y a là, il nous semble, une raison de plus pour limiter au minimum les dépenses d'installation. Laissons le gaspillage et même la simple prodigalité là où il nous est encore impossible de les éviter ; mais partout ailleurs, sans nous laisser séduire par les apparences, pratiquons une sage économie.

LA TÉLÉGRAPHIE MILITAIRE
DANS L'ARMÉE FRANÇAISE
PENDANT LA GUERRE DE 1914-1918.

Par M. GIROUSSE,

Ingénieur des Postes et Télégraphes, adjoint au Directeur
de Télégraphie Militaire au G. Q. G.

Rôle du service. — Parmi les services des armées dont on a le moins parlé, soit pendant la guerre, soit depuis l'armistice, figure certainement le service de la Télégraphie Militaire.

Cela tient sans doute à ce que ce service n'a eu à mettre en œuvre aucune découverte capitale, aucun progrès technique sensationnel, contrairement à ce qui s'est produit, par exemple, pour le service de la Télégraphie sans Fil.

Le rôle de la Télégraphie Militaire n'en a pas été moins important. C'est par les liaisons télégraphiques et téléphoniques avec fils, assurées par ce service, que le Commandement a pu être renseigné à tous moments sur tous les incidents des batailles, qu'il a pu en toutes circonstances prendre sans tarder toutes les dispositions voulues.

Ces liaisons ont constitué véritablement « le système nerveux » des armées ; elles ont grandement facilité le travail des états-majors ; leur bon fonctionnement a été un facteur des plus utiles pour l'issue victorieuse de la campagne.

Les liaisons télégraphiques et téléphoniques utilisées par les armées doivent être classées en deux catégories bien distinctes. Ces deux catégories se différencient l'une de l'autre aussi bien par les procédés de construction que par les méthodes d'exploitation ; les unes, celles du champ de bataille, doivent pouvoir être établies et réparées rapidement avec des moyens très simples ; leur qualité électrique n'a qu'une importance secondaire car elles ne servent à constituer que des communications à courte

distance. Les autres, au contraire, celles qui servent aux besoins du haut commandement, doivent être excellentes au point de vue électrique ; cette condition primordiale ne peut être réalisée que grâce à une construction soignée, à un entretien minutieux, à l'emploi d'un matériel lourd mis en œuvre par un personnel exercé et obéissant à des règles techniques dictées par l'expérience.

C'est précisément l'établissement et l'exploitation de cette seconde catégorie de liaisons qui constituent le champ d'action du service de la Télégraphie Militaire. Au contraire, les liaisons de la première catégorie sont plus spécialement du domaine du 8e Génie.

Le service de la Télégraphie Militaire est souvent appelé aussi « Télégraphie de 2e ligne », le nom de « Télégraphie de 1re ligne» étant réservé au 8e Génie. On l'appelle également « Service télégraphique d'étapes », toutes les liaisons de la zone des étapes étant de son ressort.

Nous examinerons successivement les principes de l'organisation générale de ce service, les questions relatives au personnel militarisé, au personnel civil, au matériel ; nous donnerons enfin quelques renseignements sur l'activité du service pendant la guerre.

Organisation générale. — Le principe essentiel, qui domine toute l'organisation du service de la Télégraphie Militaire, c'est l'utilisation des ressources de l'Administration des Postes et Télégraphes aussi bien en ce qui concerne le réseau qu'en ce qui concerne le personnel.

Il est tout naturel, en effet, d'utiliser en temps de guerre les ressources du réseau électrique de l'Administration des P. T. T. pour faire face aux besoins des armées ; de même, on utilise dans ce but le réseau des voies ferrées. Au reste, il aurait été très coûteux et sans utilité aucune d'établir et d'entretenir dès le temps de paix un réseau important, destiné à servir uniquement en cas de mobilisation ; mieux valait, sans aucun doute, prévoir que, en cas de guerre, le réseau des P. T. T. servirait aux

besoins de l'armée et, à cet effet, construire, dès le temps de paix, les lignes que les besoins stratégiques pouvaient rendre un jour nécessaire.

Même s'il avait été possible d'affecter un réseau spécial aux besoins du Commandement, on ne conçoit pas qu'il eût pu exister à côté de ce réseau, dans la zone des armées, un ensemble de lignes échappant à la surveillance de l'autorité militaire ; il ne faut pas perdre de vue, en effet, que le réseau électrique, s'il facilite grandement la tâche des états-majors, rend plus considérables les dangers d'espionnage ; ce n'est qu'en surveillant de très près les communications télégraphiques et téléphoniques que l'autorité militaire peut se mettre à l'abri de ces dangers.

C'est donc pour cette double raison d'utilité et de sécurité que le réseau électrique de la zone des armées devait passer en temps de guerre sous le contrôle de l'autorité militaire ; il était cependant logique de continuer à faire exploiter ce réseau par le personnel qui l'exploite en temps de paix. Aussi les règlements en vigueur en 1914 prévoyaient-ils d'une part, que tout le personnel civil, affecté au réseau électrique de la zone des armées, était placé sous l'autorité du Haut Commandement, d'autre part, que l'Administration des P. T. T. mettait à la disposition du Haut Commandement du personnel entièrement militarisé prélevé sur l'ensemble du territoire ; c'est ce dernier personnel qui constituait le service de la télégraphie militaire.

Ce service était donc composé exclusivement d'agents des P. T. T. Au contraire, le 8e Génie, également chargé de l'établissement des liaisons télégraphiques et téléphoniques, ne comptait qu'un petit nombre d'agents de cette Administration.

L'expérience a montré que cette conception présentait quelques inconvénients. La différence de recrutement des deux services tendait à développer dans chacun d'eux un esprit de corps peut-être excessif, qui aurait sans doute amené des incidents fâcheux, car les points de contact entre les deux services étaient nombreux dans la zone des armées, si les chefs des deux services n'avaient eu la préoccupation constante de vivre toujours en parfaite harmonie et de rappeler immédiatement à l'ordre ceux

de leurs subordonnés qui auraient pu perdre de vue la nécessité d'une collaboration fraternelle de tous les instants.

Il semble qu'à l'avenir il y aurait avantage à moins marquer la séparation entre les deux services. Sans doute, il faudra toujours spécialiser certaines unités dans l'exploitation des liaisons de l'avant et d'autres dans l'exploitation des liaisons à grande distance du réseau général, mais on gagnerait à mettre dans le personnel de l'avant un peu plus de spécialistes provenant de l'Administration des P. T. T. et à verser dans les formations s'occupant du réseau général des éléments provenant de l'extérieur.

Ainsi qu'on vient de le voir, le Haut Commandement disposait donc du personnel des P. T. T. sous deux formes : sous forme de personnel civil de la zone des armées d'une part, sous forme de personnel militarisé d'autre part.

Le personnel civil restait entièrement sous les ordres de ses chefs naturels, en tête desquels se trouvaient les directeurs départementaux des P. T. T. L'action de l'autorité militaire s'exerçait uniquement sur l'utilisation de ce personnel, toutes les questions ayant trait au statut restant du domaine exclusif de l'Administration des P. T. T.

Le personnel militaire était réparti entre un certain nombre de services distincts, les directions de ces services étaient au G. Q. G., aux états-majors de groupes d'armées et à la direction des chemins de fer.

La direction de la télégraphie militaire au G. Q. G. a joué un rôle capital dans le fonctionnement de ces services. L'importance de ce rôle résultait de la nécessité de centraliser d'une manière absolue l'utilisation du réseau électrique dans la zone des armées ; on ne pouvait, en effet, partager entre un certain nombre d'autorités, n'ayant chacune qu'un champ d'action restreint, champ d'action d'ailleurs variable avec les événements militaires, le soin d'établir des liaisons électriques à grande distance s'étendant souvent d'un bout à l'autre de la zone des armées. Le nombre relativement peu élevé des fils existant dans cette zone rendait indispensable de les économiser au maximum et, par con-

séquent, d'en remettre le contrôle à une autorité unique : c'était là l'un des rôles les plus importants de la direction de télégraphie au G. Q. G.

Pour l'exploitation du réseau général, la direction de télégraphie au G. Q. G. disposait d'un certain nombre d'unités formées avec le personnel militarisé. L'expérience a montré qu'il y avait avantage à laisser les formations s'occupant du réseau général sous l'autorité directe de la direction de télégraphie au G. Q. G. plutôt que de les répartir entre les groupes d'armées ou les armées. En effet, par une pente presque inévitable, dès qu'une unité était affectée en propre à un groupe d'armées ou à une armée, elle était utilisée avant tout pour les liaisons spéciales à ce groupe d'armée ou à cette armée et les besoins du réseau général ne passaient plus qu'au second plan.

En dehors du commandement direct des formations affectées au réseau général, la direction de télégraphie au G. Q. G. assurait l'inspection technique de toutes les formations du service de la télégraphie militaire, existant dans la zone des armées.

Enfin, cette direction servait d'intermédiaire au Commandement pour ses rapports avec le personnel civil, c'est elle qui donnait aux services départementaux les instructions techniques nécessitées par l'exploitation du réseau général.

Au début de la campagne une direction de télégraphie était affectée à la direction des étapes de chaque armée.

L'augmentation du nombre des armées et, par suite, la réduction de la zone des étapes de chacune d'elles avaient réduit notablement l'importance de chaque direction de télégraphie quand, en 1916, le Commandement créa les états-majors de groupe d'armées.

A cette occasion, les directions de télégraphie, spéciales à chaque armée, furent supprimées et remplacées par des directions de télégraphie, affectées aux états-majors de groupe d'armées.

De plus, une direction de télégraphie fonctionna dans toute la zone occupée par les armées anglaises ; à certain moment même une direction de télégraphie dut être instituée pour s'occuper de la zone correspondant aux armées belges.

Les attributions de chacune de ces directions comportaient : 1° l'exécution des instructions de la direction de télégraphie du G. Q. G. pour l'établissement des liaisons générales, 2° l'établissement des liaisons reliant toutes les formations de la zone des étapes du groupe d'armées.

Pour remplir cette mission, les directions de télégraphie de groupe d'armées disposaient chacune d'un certain nombre de sections techniques d'étapes, dont on examinera plus loin la composition.

Les règlements antérieurs à la guerre avaient prévu que des sections de télégraphie seraient affectées, en propre, à la direction des chemins de fer pour l'établissement des liaisons intéressant spécialement l'exploitation des voies ferrées.

Un organe de direction fut institué à la direction des chemins de fer au G. Q. G. peu de temps après le début de la campagne et fonctionna jusqu'à la fin.

Bien que disposant du réseau spécial des chemins de fer et d'un personnel télégraphique autonome, ce service n'aurait jamais pu créer par lui-même les grandes liaisons qui lui furent nécessaires ; elles lui furent toujours fournies par la direction de Télégraphie du G. Q. G. sur les ressources du réseau général dont la charge se trouva de ce fait considérablement accrue.

Personnel militaire. — Au début le personnel militarisé du service de la Télégraphie militaire comprenait exclusivement des agents des P. T. T. se subdivisant en personnel de commandement, d'exploitation, des bureaux, de construction des lignes.

Le personnel de commandement avait une hiérarchie spéciale comportant assimilation avec la hiérarchie militaire ; il se composait de « fonctionnaires supérieurs » : « directeur » assimilé à lieutenant-colonel ou « sous-directeur » (commandant) ; et des « fonctionnaires » : « chef de section » assimilé à capitaine, « sous-chef de section » (lieutenant) et « chef de poste » (sous-lieutenant).

Le personnel d'exploitation des bureaux était composé de « télégraphistes » tous assimilés aux adjudants ; il est probable

que cette assimilation de grade avait été attribuée à l'origine à tous les manipulants afin de militariser les « agents » des P. T. T. avec une situation militaire supérieure à celle que pouvaient obtenir les « sous-agents » ou « ouvriers » de la même administration, assimilés, pour certains, aux sergents et caporaux. Une telle précaution n'avait pas été envisagée à la vérité pour le personnel de fonctionnaires, mais il est bien certain qu'il n'y aurait eu aucun inconvénient à mobiliser les « agents » des P. T. T. comme simples soldats, caporaux ou sous-officiers, selon les grades qu'ils avaient obtenus pendant leur passage dans l'armée active et selon les aptitudes qu'ils auraient pu montrer par la suite.

Il est arrivé d'ailleurs que parfois le commandement effectif d'un poste de télégraphie ou de téléphonie militaire a été exercé par un sergent qui avait sous ses ordres des « télégraphistes » adjudants du service de la Télégraphie militaire.

Le personnel ouvrier de construction était composé de « chefs d'équipe » (sergents), « maîtres ouvriers » (caporaux) et « ouvriers » (simples soldats).

En outre, au cours de la campagne, il a été reconnu nécessaire de donner l'assimilation d'adjudant à certains chefs d'équipe qui remplissaient les fonctions de « chefs d'atelier » ; pour le faire, il a fallu les appeler « télégraphistes » puisque cette appellation était la seule conférant l'assimilation d'adjudant dans le service de la Télégraphie militaire.

Postérieurement au début de la campagne, l'Administration des P. T. T. a mis à la disposition du ministre de la guerre pour être militarisé dans le service de la Télégraphie militaire un contingent supplémentaire d'agents.

Contrairement à ce qui avait été fait pour les « télégraphistes », ces agents, incorporés en 1915 ou 1916, ont conservé simplement les grades qu'ils avaient dans la réserve. On a obtenu ainsi ce résultat curieux : des agents des jeunes classes, incorporés dès le début des hostilités, jouissaient des prérogatives des adjudants alors que des agents de classes plus anciennes, parce qu'ils avaient été incorporés plus tard, étaient traités la plupart

en simples soldats ou caporaux, quelques-uns en sergents, tout en remplissant exactement les mêmes fonctions que leurs camarades.

Enfin, dans la dernière partie de la campagne, comme les besoins du service augmentaient toujours, et que l'Administration des P. T. T. ne pouvait plus fournir aucune ressource en personnel, un certain nombre d'auxiliaires ont été, à diverses reprises, versés dans la télégraphie militaire ; selon les moments, ces auxiliaires continuaient à compter à leurs corps ou étaient affectés au 8e Génie tout en étant utilisés par le service de la Télégraphie militaire.

Les règlements interdisaient, en effet, de verser dans le service de la Télégraphie militaire du personnel ne provenant pas de l'Administration des P. T. T. ; cette situation créait des complications administratives fâcheuses qu'un recrutement plus élastique eût permis d'éviter.

L'instruction de tout ce personnel a toujours été une des plus graves préoccupations du haut commandement.

Les fonctionnaires mobilisés au début étaient au nombre d'une soixantaine. Quelques-uns ont dû, à certains moments, être évacués, n'ayant pu supporter les fatigues de la guerre ou assumer suffisamment les responsabilités de leur fonction ; de plus, la création de formations nouvelles a entraîné peu à peu des augmentations d'effectifs notables, si bien qu'à la fin de la campagne, cet effectif était voisin de 200.

Les nouveaux fonctionnaires ont été recrutés parmi les télégraphistes qui s'étaient fait remarquer par leur aptitude au commandement et leurs qualités techniques ; ces télégraphistes, au titre d'élèves-chefs de poste, effectuaient un stage dans un centre d'instruction où ils recevaient l'enseignement sur le terrain en même temps que l'enseignement théorique. Ce centre d'instruction était annexé à l'un des détachements d'ouvriers, dont il sera parlé plus loin ; le chef de ce détachement était un instructeur remarquable, ce qui a permis de former un personnel excellent. Certains télégraphistes, promus chefs de poste dans les premiers mois de la campagne, sont arrivés à la fin de la guerre à

commander des formations entières ou à remplir les postes d'adjoints aux chefs de services importants à l'entière satisfaction du commandement.

La même méthode de formation a été adoptée pour les chefs d'atelier et a donné les mêmes résultats.

Il a fallu également former des manipulants, surtout des téléphonistes, pour l'exploitation des bureaux. Ces téléphonistes ont été recrutés, en général, parmi des hommes des services auxiliaires ; ils ont reçu l'instruction soit dans des bureaux importants où on pouvait les détacher en petit nombre pour participer à l'exploitation, soit dans un centre d'instruction spécialement aménagé : les résultats ont été également très satisfaisants ; la même méthode d'ailleurs a été adoptée pour la formation des dames téléphonistes, dont on parlera un peu plus loin.

Enfin, en 1918, il a été nécessaire de former des ouvriers afin de pouvoir renforcer les effectifs dans la mesure qu'exigeait l'accroissement des travaux de ligne ; à cet effet, un certain nombre de réservistes de l'armée territoriale ont été affectés à la télégraphie militaire. Ces hommes ont été groupés dans le centre d'instruction dont il vient d'être parlé et bien qu'ils fussent assez âgés, on est arrivé à les dégrossir suffisamment, dans une période d'un an d'entraînement intensif, pour qu'une équipe, constituée uniquement avec du personnel de cette catégorie, pût opérer un travail aussi délicat que le déplacement d'une pyramide sur une ligne double dans des conditions qui faisaient honneur aux instructeurs.

Le personnel militaire, dont on vient de parler, était réparti entre un certain nombre de formations.

La plus importante de ces formations était le détachement du grand quartier-général. Ce détachement comprenait 5 fonctionnaires, 90 télégraphistes, une vingtaine de chefs d'équipe, maîtres ouvriers et ouvriers, sans compter les automobilistes, les conducteurs, etc. Enfin, à ce détachement étaient rattachées les dames téléphonistes qui assuraient presque exclusivement le service du G. Q. G.

A chaque quartier-général de groupe d'armées était affecté un

petit détachement comptant une douzaine de télégraphistes et sept ou huit ouvriers et gradés.

Chaque groupe d'armées disposait en outre de deux ou trois sections d'étapes. La section comprenait 4 fonctionnaires, 40 télégraphistes et 42 ouvriers et gradés, sans compter les conducteurs, ordonnances, etc. A la fin de la campagne, ces sections comptaient en plus une vingtaine d'auxiliaires destinés à renforcer les effectifs ouvriers.

La direction des chemins de fer disposait à l'origine de six sections ; à la fin de la campagne, ce nombre avait été porté à sept. Au début, la section comptait 5 fonctionnaires, 30 télégraphistes et 84 ouvriers ; par la suite, chacune d'elles fut renforcée d'une quarantaine d'auxiliaires ouvriers.

Les agents des P. T. T., incorporés en 1915 et 1916, avaient été groupés en unités appelées « détachements de manipulants » qui n'avaient qu'un rôle purement administratif ; les nécessités de l'exploitation conduisaient, en effet, à répartir ces manipulants dans les bureaux où on en avait besoin en les plaçant sous l'autorité des chefs civils ou militaires de ces bureaux pour tout ce qui avait trait à l'exécution du service et en les mettant en subsistance dans un corps de troupes de la localité. Le chef du détachement n'administrait donc que de loin son personnel.

Enfin, des formations nouvelles appelées « détachements d'ouvriers » ont joué un rôle particulièrement important dans la construction, l'entretien et la réparation des lignes.

Les deux premiers de ces détachements furent créés au moment de la première bataille de la Marne. Il fallut alors reconstituer de toute urgence les lignes détruites sur toute l'étendue du champ de bataille. Des ouvriers des P. T. T., mobilisables en raison de leur âge, ont alors été groupés et ce fut là l'origine des détachements d'ouvriers.

Chaque détachement était commandé par un chef de section (la plupart des chefs de section étaient des inspecteurs des P. T. T.), secondé par un sous-chef de section ou chef de poste, recrutés parmi ceux qui avaient manifesté le plus d'aptitude au commandement et qui connaissaient le mieux la construction des lignes.

Le personnel du détachement formait deux ateliers, dirigés chacun par un télégraphiste chef d'atelier. L'atelier comprenait trois équipes avec un chef d'équipe, un maître ouvrier et huit ouvriers par équipe ; de plus, à la fin de la campagne, chaque équipe était renforcée par sept ou huit auxiliaires.

Le magasin de l'unité, toujours assez important en raison des travaux qui lui incombaient, était géré par un chef d'équipe assisté d'un ouvrier.

Chaque détachement était doté d'une section automobile de transport, commandée par un officier et disposant d'un certain nombre de camions ou camionnettes et de voitures de tourisme.

Afin d'éviter aux chefs de détachements d'ouvriers les difficultés d'ordre administratif, ces détachements étaient « pris en subsistance » par les sections automobiles qui leur étaient accolées ; cette manière de faire avait paru nécessaire au début de la campagne, parce que les chefs de détachements ouvriers n'avaient pas beaucoup d'expérience de l'administration militaire. Elle fut conservée par la suite, mais il est bien certain que dans une organisation définitive, cette anomalie devait disparaître ; le chef de détachement devrait avoir directement sous ses ordres la section automobile qui lui est nécessaire ; il devrait en même temps avoir la charge de l'administration de son unité.

Le nombre de ces unités a été progressivement augmenté ; il était de 18 en 1918 et la formation de deux nouvelles unités était décidée au moment de l'armistice.

Personnel civil. — Ainsi qu'il a été dit plus haut, le personnel civil des P. T. T. dans la zone des armées était à la disposition du général en chef.

Il ne s'agissait bien entendu que du personnel d'ordre électrique à l'exclusion du personnel purement postal ; quant au personnel mixte, comme par exemple les receveuses de petits bureaux, il n'était à la disposition du général en chef que dans la mesure où il participait au service électrique.

Afin de bien préciser les obligations de ce personnel, un

décret fut pris au début de la campagne qui lui donnait la qualité de belligérant.

Le fait que ce personnel civil était à la disposition du général en chef, tout en restant subordonné à l'Administration des P. T. T., était évidemment de nature à rendre délicat les rapports entre le haut commandement et le pouvoir civil. Un constant souci du commandement fut de ne pas empiéter sur les attributions de l'autorité civile.

D'autre part, l'autorité civile ne pouvait perdre de vue la nécessité de donner satisfaction aux besoins des armées.

Parmi le personnel civil à la disposition des armées, une mention spéciale doit être faite des dames téléphonistes des états-majors.

Les premières de ces dames étaient des téléphonistes de l'Administration des P. T. T. qui avaient été appelées au G. Q. G. dès le mois de septembre 1914 au moment où le service commençait à prendre une certaine importance. Leur nombre avait été porté à trente à la fin de la campagne. De plus, encouragé par les excellents résultats obtenus au G. Q. G., on décida d'utiliser du personnel féminin pour le service téléphonique des états-majors, partout où les femmes pouvaient être occupées sans trop de difficultés matérielles, c'est-à-dire dans les états-majors d'armée ou dans les échelons supérieurs.

Pendant longtemps il fut possible à l'Administration des P. T. T. de mettre à cet effet du personnel féminin à la disposition du commandement, mais dans la dernière partie de la campagne, cette administration ne fut plus en mesure de fournir aucun personnel de cette nature et il fallut embaucher des auxiliaires, recrutées directement par l'autorité militaire.

Ces auxiliaires reçurent l'instruction dans une école spécialement organisée pour elles et, sans arriver à la virtuosité de certaines de leurs collègues provenant de l'Administration des P. T. T., elles purent rendre les meilleurs services non seulement dans les bureaux purement militaires, mais encore dans certains bureaux des P. T. T. qui, utilisés pour les besoins de l'armée, mais restés sous les ordres des directeurs départementaux, avaient dû être renforcés par l'autorité militaire.

Tout le personnel civil des diverses catégories a d'ailleurs fait remarquablement son devoir pendant toute la guerre. Les dames notamment ont toujours fourni un service excellent même dans les circonstances les plus critiques ; leur vaillance, leur sentiment du devoir, ne se sont jamais démentis.

Matériel. — Le matériel mis en œuvre par le service de la Télégraphie militaire était de deux catégories : d'une part, du matériel du « type militaire » ; d'autre part, du matériel du « type P. T. T. ».

Le matériel du type militaire était fourni à ce service par le 8e Génie; dès le début d'ailleurs, les approvisionnements de ce matériel furent tout à fait insuffisants et le 8e Génie dut lui-même faire un large appel au service de la Télégraphie militaire pour obtenir du matériel du type P. T. T. qui servit à construire les premières lignes fixes du champ de bataille et à aménager les premiers centraux téléphoniques sur la ligne de feu. Par la suite, les fabrications furent considérablement développées et, à la fin de la campagne, ce matériel était en abondance.

Pendant la guerre, l'Administration des P. T. T. a fourni des quantités énormes de matériel de ligne. Au début, comme on vient de le dire, elle a même alimenté le 8e Génie pendant la période de mise en train de fabrications du matériel militaire; plus tard le matériel des P. T. T. a été réservé aux besoins du service de la Télégraphie militaire pour les communications à grande distance, mais ces besoins ont augmenté très rapidement; d'autre part, l'Administration des P. T. T. a rencontré de nombreuses difficultés pour presser les fabrications comme elle l'aurait voulu; ces difficultés étaient dues en partie à ce que les commandes de l'Administration des P. T. T. étaient bien loin de jouir d'une priorité comparable à celle des commandes faites directement par l'autorité militaire.

Malgré cela, le service de la Télégraphie Militaire a toujours reçu les approvisionnements qui lui étaient nécessaires ; il a même été en mesure d'alimenter une partie des armées étrangères et notamment, pendant une longue période, les armées américaines.

Pour donner une idée de l'effort fourni à cet égard par l'Administration des P. T. T. on peut indiquer que la consommation du fil de cuivre atteignait, dans le courant de 1918, 450 tonnes par mois.

Qu'on se représente, en tenant compte de ce chiffre, les quantités énormes de ferrures, d'isolateurs qu'il fallait employer à sa mise en œuvre ; qu'on y ajoute tout ce qui était nécessaire pour l'entretien courant des lignes ou pour la réparation des artères journellement coupées par les bombardements, et on aura une idée du travail auquel ont dû faire face les services chargés des approvisionnements pour mener leur tâche à bonne fin.

Afin d'assurer l'envoi du matériel dans les conditions de célérité désirable, une organisation spéciale avait été établie d'accord entre l'Administration des P. T. T. et le Commandement ; les demandes de matériel étaient centralisées par la direction de télégraphie au G. Q. G. et envoyées chaque jour au dépôt central des P. T. T., soit par lettres, soit par télégrammes ; celui-ci faisait partir des expéditions le jour même s'il s'agissait de besoins urgents, le lendemain ou le surlendemain s'il s'agissait d'expéditions ordinaires. Le transport aux gares était assuré par des camions automobiles et, de là, acheminés sur leur destination par ordre de transport militaire. Les expéditions les plus importantes étaient accompagnées pàr des convoyeurs ; à cet effet le dépôt central avait été pourvu d'une équipe de convoyeurs militaires.

Afin de décharger le dépôt central en cas de besoins particulièrement intenses, et aussi afin d'avoir le matériel plus près du lieu d'utilisation, quelques dépôts très importants avaient été constitués par le service de la Télégraphie Militaire dans la zone des armées ; chacun de ces dépôts pouvait permettre de construire plusieurs centaines de kilomètres de lignes téléphoniques à 8 circuits. En outre, des approvisionnements de moindre importance avaient été organisés dans chaque direction départementale de cette même zone.

La fourniture de matériel par l'administration des P. T. T. avait l'avantage de fournir au service militaire un matériel bien

étudié, convenant parfaitement à l'emploi qui en était fait et receptionné avec le soin particulier qu'y a toujours apporté le service spécial de cette administration. Enfin, et c'est là une considération très importante, l'emploi de ce matériel sur les lignes des P. T. T. a permis de leur conserver leur caractère d'homogénéité tout en les enrichissant considérablement.

En dehors du matériel de ligne, l'administration des P. T. T. a fourni des quantités considérables de matériel de bureaux; tableaux téléphoniques à 100, 50 ou 25 directions, postes téléphoniques surtout des « postes mobiles avec combiné », appareils télégraphiques rapides, etc..., etc...

Avec ces appareils on avait réalisé des installations mobiles; des remorques aménagées avec plusieurs tableaux téléphoniques permettaient d'installer très rapidement le service d'un état-major; de même des remorques avaient été montées avec des appareils Hughes pour les besoins des communications télégraphiques.

En particulier le G. Q. G. disposait de trois installations sur voitures pour la totalité de son service télégraphique. Deux de ces voitures étaient automobiles et formaient chacune un bureau complet comprenant un quadruple Baudot et deux Hugues avec toutes les sources d'énergie nécessaire; la troisième installation, analogue aux deux premières, était répartie sur deux voitures hippomobiles. L'ensemble de ces installations a toujours permis de faire face, dans les meilleures conditions, à l'écoulement de tout le trafic télégraphique du G. Q. G.

En raison du développement pris par le service téléphonique au cours de la campagne, on en était arrivé assez promptement à envisager l'installation de « tableaux multiples téléphoniques ». Un tableau de ce genre fut mis en service au G. Q. G. au début de 1917; il fut bientôt doublé d'un second tableau multiple de manière à disposer de deux installations absolument complètes permettant de continuer le service dans une localité pendant qu'on installait le service sur un autre point. Peu à peu, les états-majors d'armée recevaient eux-aussi des multiples, moins importants à la vérité que celui du G. Q. G., mais suffisants cependant pour faire face aux besoins.

Enfin, dans la zone des armées certains bureaux fixes de l'administration des P. T. T. ont dû être remaniés et complétés pour faire face aux besoins militaires; les extensions ainsi réalisées dans ces bureaux et les améliorations qui y étaient apportées ont pu être conservées et profiter aux besoins civils après guerre.

Fonctionnement des services de construction. — Au début de la campagne, le réseau téléphonique et télégraphique de l'Administration des P. T. T. paraissait devoir suffire aux besoins des armées à condition de le compléter par quelques lignes et surtout de combler les lacunes qui existaient entre les divers services départementaux.

Il fut loin d'en être ainsi.

Le premier effort considérable que le service de la télégraphie militaire eut à fournir, se place au moment de la victoire de la Marne en septembre 1914; il fallut alors de toute urgence rétablir le réseau qui avait été détruit dans toute l'étendue du champ de bataille.

La tâche put être menée rapidement à bonne fin avec le concours des services départementaux et des deux premiers détachements d'ouvriers créés à cette occasion.

Pendant toute la période de stationnement, c'est-à-dire entre 1914 et le milieu de 1918, le service de la télégraphie militaire eut à construire des lignes nouvelles qu'exigeait le développement incessant du trafic.

Ses travaux portèrent presque exclusivement sur les circuits téléphoniques.

Les fils télégraphiques furent, en effet, en nombre suffisant pendant presque toute la campagne, du fait que, dans la zone des armées beaucoup de fils étaient devenus disponibles au moment de la mobilisation parce qu'ils constituaient les amorces des liaisons télégraphiques existant en temps de paix entre Paris, d'une part, les régions envahies, la Belgique, la Hollande ou l'Allemagne d'autre part.

Mais les circuits téléphoniques furent rapidement insuffisants pour faire face à tous les besoins qui naissaient chaque jour; il

fallut en poser des longueurs considérables. On peut évaluer à 32.000 kilomètres la longueur des circuits posés sur les lignes existantes ; sans tenir compte des lignes qui ont été rétablies après l'avance de 1918.

Sur voie ferrée, certaines artères très importantes ont été développées dans une large mesure. C'est ainsi qu'entre Paris et Amiens, il a été construit 6 circuits nouveaux, 12 entre Amiens et Boulogne, 10 entre Boulogne et Dunkerque, 12 entre Paris et Château-Thierry, 10 entre Château-Thierry et Châlons, etc...

C'est ainsi encore que la ligne entre Paris et Sommesous par Coulommiers, qui ne comprenait qu'un seul grand circuit avant la guerre et dont le doublement n'était qu'ébauché, a été entièrement doublée et présentait à l'armistice, neuf grands circuits constituant un débouché de premier ordre de Paris vers l'Est.

Aux travaux de lignes sur voies ferrées, il faut ajouter les travaux de construction et de développement de lignes sur route en vue de constituer des artères et des transversales de secours moins exposées aux attaques aériennes.

L'année 1918 fut une année particulièrement dure pour le service de la télégraphie militaire. En plus des travaux de développement du réseau et d'entretien courant, il lui fallut, en effet, pourvoir au rétablissement des lignes après chaque bombardement aérien.

Ces bombardements qui visaient surtout les grandes gares, avaient des conséquences désastreuses pour le réseau électrique, le souffle des bombes suffisant à couper complètement les artères dans un rayon fort étendu autour des points de chute.

Les bombardements aériens furent particulièrement nombreux, au moment des offensives allemandes de mars, avril, mai, juin et juillet 1918 ; toutes les nuits, des lignes, chargées de fils, étaient coupées en de nombreux points et tous les matins une grosse partie des effectifs dont disposait le service de la Télégraphie militaire, était affectée au rétablissement des artères coupées, ce qui, bien entendu, interrompait les travaux de développement du réseau.

Pour remédier à ces difficultés, les artères transversales sur

route furent complétées par de larges déviations, avec postes de secours, établies autour de tous les points particulièrement visés par l'ennemi ; certaines de ces dérivations atteignaient jusqu'à 15 kilometres de développement.

A partir de l'offensive des alliés en juillet 1918, le service de la télégraphie militaire eut à rétablir le réseau fixe au fur et à mesure des progrès de nos troupes ; ce fut encore là une période de dur labeur. Les résultats de ce travail furent très importants ; la longueur totale des grandes lignes sur voies ferrées reconstruites au 1er mars 1919, non compris les lignes secondaires, atteignait 1.800 kilomètres comportant une longueur de circuit neuf de 12.000 kilomètres.

L'activité de ce service ne se bornait pas à faire face aux nécessités du moment. Pendant toute la guerre, il n'a jamais perdu de vue la nécessité d'entretenir soigneusement le réseau qui avait été remis à l'autorité militaire par l'administration des P. T. T. ; c'est par dizaine de milliers qu'il faudrait compter les poteaux pourris qui ont été remplacés ; si bien qu'à la fin de la guerre, le réseau était en bon état d'entretien.

Des rectifications de ligne très importantes ont été également opérées ; tel fut le cas notamment, pour la grande ligne double de Paris à Soissons, ligne dont l'amélioration était à l'étude avant la guerre ; les besoins militaires ayant rendu nécessaire une réfection radicale de cette ligne le tracé en a été rectifié en de nombreux points et les portées en ont été réduites sur la plus grande partie du parcours.

Au cours de la campagne de nombreuses modifications ont été apportées aux voies ferrées existantes ; de longues lignes ont été doublées, des voies de garage très développées ont été construites, et chaque fois il en résultait des modifications considérables dans les lignes télégraphiques.

Dans plus d'une circonstance, il a fallu déplacer trois ou quatre fois une ligne télégraphique double parce que les nécessités militaires obligeaient de créer successivement un nombre croissant de voies de garage. D'ailleurs toute construction d'artère ferrée nouvelle entraînait la construction parallèle d'une artère électrique nouvelle.

Il y eut là une tâche particulièrement ingrate, qui exigeait un gros effort du service de la télégraphie militaire et immobilisait à certains moments jusqu'au tiers de ses effectifs ouvriers.

Développement du trafic. — Il peut être intéressant de donner quelques chiffres, qui montrent comment le trafic s'est développé pendant la guerre.

Au début, le service téléphonique du G. Q. G. comportait 7 postes téléphoniques, auxquels aboutissaient 7 lignes servant aux communications avec les armées et avec Paris. Cette organisation simple correspondait bien à la conception d'une guerre où les états-majors se seraient déplacés tous les deux ou trois jours, sinon plus souvent; dans cette hypothèse il fallait évidemment se contenter d'utiliser au mieux les ressources du réseau existant.

La guerre de position amena un changement dans les modes d'utilisation, surtout en ce qui concerne le téléphone. Peu à peu, on arriva à doter chaque bureau, sinon même chaque table d'officier, d'un appareil téléphonique, de telle sorte que, par exemple, à la fin de son séjour à Provins en 1918, le G. Q. G. comptait 470 postes individuels.

Au début de la campagne le nombre des communications interurbaines en provenance ou à destination du G. Q. G. était insignifiant. Il atteignait déjà 350 par jour à la fin de 1914 alors que la guerre de position durait depuis deux ou trois mois. En 1918, le chiffre de 2.000 communications par jour fut fréquemment dépassé.

Le nombre de places d'opératrices pour le service téléphonique du G. Q. G. était de deux en septembre 1914 et leur service était peu chargé. En 1918, leur nombre atteignait 18 à certains moments.

Au début, comme on le dit plus haut, 7 lignes interurbaines aboutissaient au G. Q. G.; en 1918, il y en avait 85.

Dans tous les bureaux civils ou militaires de la zone des armées, on a constaté des accroissements de trafic analogues du côté du service téléphonique.. Ces accroissements de trafic se produisaient

surtout au moment où de grandes opérations avaient lieu dans la région. Tel fut le cas, par exemple, pour Bar-le-Duc, en février 1916, pour Amiens en juillet 1916, etc... Mais une fois la crise d'opérations actives passée, le service téléphonique ne diminuait nullement.

A côté du service téléphonique, le service de la télégraphie privée s'était développé également dans une large mesure; ce fait était dû surtout, semble-t-il, à la difficulté des communications postales.

Mais les ressources télégraphiques du temps de paix des bureaux de l'administration des P. T. T. eurent à peine besoin d'être développées pour faire face aux exigences du service.

Conclusions. — Deux nécessités primordiales se dégagent d'une manière particulièrement frappante, des enseignements de la guerre 1914-1919, touchant le service de la télégraphie militaire; on ne saurait y prêter, dès aujourd'hui, trop d'attention.

Elles se rapportent l'une à la constitution qu'il faut donner dès le temps de paix au réseau télégraphique et téléphonique national, — l'autre à ses moyens d'exploitation en temps de guerre.

Le réseau électrique de l'administration des P. T. T. et aussi tous autres réseaux télégraphiques ou téléphoniques existants ou à venir sur le territoire français doivent être disposés en vue de leur utilisation pour les besoins militaires pendant la guerre.

Pour ce qui concerne plus spécialement l'administration des P. T. T., son réseau actuel, uniquement aérien, doit être rectifié et développé dans cet esprit. A chacune des grandes routes stratégiques qu'indiquera le Haut Commandement, doivent correspondre plusieurs lignes de communication, chacune d'importance convenable, reliées par des transversales nombreuses. Dans l'établissement de ces liaisons, on combinera judicieusement, par des itinéraires différents les tracés sur route et les tracés sur chemin de fer; on évitera, en les contournant largement, les nœuds importants de voies ferrées, les agglomérations militaires ou industrielles existantes ou prévues.

Ces précautions sont indispensables ; mais elles n'auront qu'une efficacité limitée ; un tel réseau, très vulnérable par sa nature même, restera encore trop exposé aux attaques aériennes qui deviendront de plus en plus audacieuses et fréquentes.

La création d'un réseau mieux protégé s'impose ; ce n'est qu'en disposant, dès le temps de paix, d'un réseau télégraphique et téléphonique souterrain, bien tracé, bien construit, régulièrement exploité et entretenu, qu'on pourra assurer, en toutes circonstances, les lignes de communication nécessaires aux besoins des armées, et parer aux conséquences désastreuses de destruction importantes et réitérées faites par l'ennemi dans le réseau aérien.

Il est à remarquer d'ailleurs qu'un développement exagéré des nappes de fils aériens ne va pas sans accroître considérablement la précarité des communications qu'elles fournissent, et cela en dehors de toutes circonstances de guerre, et du seul fait de leur constitution même : la solution du câble souterrain, protégé, apparaît ici encore comme plus avantageuse et sur ce point l'intérêt militaire se confond avec l'intérêt économique.

Enfin et c'est une question de première importance militaire, les conducteurs aériens dont la surveillance complète est pratiquement impossible se prêtent avec la plus grande facilité à l'espionnage par captation des communications téléphoniques.

Ce sont ces diverses considérations qui, au cours de la guerre, en 1917, ont conduit le Haut Commandement à demander à l'Administration des P.T.T. la pose d'un câble téléphonique Paris-Amiens, puis plus tard, au début de 1919, d'accord avec l'inspecteur général chargé du réseau télégraphique et téléphonique d'Alsace-Lorraine, la pose d'une liaison souterraine Paris-Nancy-Metz et Strasbourg.

Au surplus le réseau stratégique souterrain qui fut créé vers 1880 répondait aux même préoccupations ; ce réseau, d'ailleurs uniquement télégraphique, existait encore en 1914, mais il était inutilisable par suite de son état électrique.

L'exploitation du réseau qui sera mis à la disposition du Commandement, devra rester, comme aujourd'hui, réglée sur le principe de l'utilisation du personnel de l'Administration des P.T.T.

Il conviendra de faire disparaître, pour la partie mobilisée de ce personnel, la distinction entre l'affectation au service du 8me Génie et l'affectation au service de la Télégraphie Militaire : ces deux services doivent travailler en collaboration constante, se pénétrer réciproquement ; ils doivent donc appartenir à un même corps et relever d'une autorité unique.

Pour le personnel civil de la zone des armées qui passera, au jour de la mobilisation, sous l'autorité du Commandement, il sera indispensable de fixer minutieusement, à l'avance, les conditions d'exercice de cette autorité. A cet égard il semblerait particulièrement désirable que dans chaque direction départementale des *P.T.T.* — ou tout au moins dans certaines d'entre elles — il fût constitué, dès le temps de paix, un cadre d'agents et de fonctionnaires mobilisables comme assujettis soit par la loi, soit par charge d'emploi, ou comme volontaires. Ce cadre, mobilisé sur place en temps de guerre, assurerait la liaison de l'autorité militaire avec les éléments d'ordre électrique restés civils.

On tirerait ainsi le meilleur parti d'un personnel qui a rendu les plus grands services pendant la guerre par son dévouement, son esprit de discipline, et sa forte instruction technique.

CHOIX DE L'EMPLACEMENT
DES BUREAUX TÉLÉPHONIQUES

Par M. REYNAUD-BONIN,
Ingénieur des Postes et Télégraphes.

Les bureaux téléphoniques modernes sont de magnifiques bâtiments dont les nombreux étages s'élèvent parfois jusqu'en dehors du gabarit fixé par les règlements de police. L'architecte leur donne un caractère plus ou moins monumental selon la partie de la ville où ils sont construits et certains bureaux ont provoqué à ce sujet d'ardentes polémiques. L'aménagement intérieur est minutieusement étudié d'après la forme du terrain, de laquelle on tire toujours le meilleur parti possible, mais la tâche de l'architecte ne peut pas aller au-delà. Il serait même dangereux de lui laisser trop d'initiative dans le choix des emplacements de terrains à bâtir et, tout en recueillant son avis, il faut agir ici d'après d'autres méthodes que pour une maison ordinaire car un bureau téléphonique est une maison enracinée par un innombrable réseau de câbles qui lui amènent les abonnés d'alentour et le capital immobilisé dans le réseau des câbles souterrains peut varier dans d'énormes proportions selon l'emplacement qui aura été choisi pour le bureau téléphonique.

Il est aisé de chiffrer les majorations de câbles entraînées par un mauvais emplacement de bureau téléphonique (1). Ces majorations sont telles que l'on eût pu acheter un terrain au bon endroit et même construire une partie du bâtiment avec l'argent qui a été enterré inutilement. Parfois ce sont des municipalités

(1) Il suffit de dire ici que le câble à 224 paires de conducteurs coûte 45,50 le mètre sans compter les frais de canalisation et de pose.

qui ont gracieusement offert à l'Administration un terrain dans un quartier d'avenir, mais qui n'est malheureusement pas celui de l'actuelle clientèle téléphonique ; on y a construit le bureau ; partie pour rester d'accord avec la municipalité ; partie parce que les tractations pour l'achat d'un autre terrain paraissaient difficiles et le résultat a été que l'on a gaspillé de l'argent et que, de plus, en allongeant inutilement les lignes, on a affaibli la qualité des conversations.

Tout le monde est d'accord pour dire que le meilleur emplacement pour un bureau téléphonique « serait » au « centre » de la circonscription qu'il dessert. Mais il faut définir avec précision ce *que l'on* entend par « centre » téléphonique et il faut ensuite *interpréter* le conditionnel « serait », car il y a des limites à l'exécution des prescriptions théoriques.

Si l'on songe également que le nombre des abonnés est incessamment variable, on peut se demander quel degré d'exactitude auront les règles que l'on se sera fixées pour déterminer l'emplacement du centre téléphonique. Cependant, les grandes compagnies téléphoniques américaines n'ont pas hésité à établir des règles et leur expérience doit nous venir en aide. Nous nous proposons de donner ici, d'après les documents qui nous ont été aimablement communiqués par l'American Telegraph and Telephone C°, un large aperçu des meilleures méthodes pour choisir l'emplacement des bureaux téléphoniques.

I. Préliminaires.

Carte des emplacements d'abonnés. — La carte des emplacements d'abonnés est à la base de toutes les opérations d'étude de réseau téléphonique.

C'est une carte donnant, pour chaque îlot de maisons, le nombre d'abonnés existant dans cet îlot. D'après ces premières inscriptions, on compose des groupes de 100 abonnés, marqués chacun par un gros point noir. La carte de la ville est ainsi parsemée de points noirs formant une représentation lisible au premier coup d'œil et pouvant servir pour des évaluations méthodiques de tracés de câbles souterrains.

Prévisions d'accroissement du nombre des abonnés. — Les prévisions d'accroissement du nombre des abonnés sont faites en vue de dresser tout de suite la carte future des emplacements d'abonnés. Ainsi, ces prévisions, doivent porter non seulement sur le nombre des abonnés attendus, mais aussi sur les emplacements de leurs postes et elles prennent le caractère de recensement individuel. La compagnie téléphonique affecte un personnel spécial aux enquêtes à effectuer dans les villes pour déterminer les possibilités de chaque citoyen de s'abonner au téléphone d'après la nature de ses occupations ou la classe d'appartement qu'il habite ; ainsi, à Pittsburgh, en 1915, on comptait 808.186 habitants, 167.629 familles et 24.705 entreprises ; le nombre des abonnés de famille était de 34.570 et celui des abonnés d'entreprise de 14.013. Les prévisions d'avenir ont été établies pour 1934 par les spécialistes de la Bell Telephone C° of Pennsylvania avec l'assistance de plusieurs experts de l'American Telegraph and Telephone C° venus de New-York et les chiffres prévus sont les suivants :

	en 1915	en 1934		
Population de Pittsburgh........	808.186	1.171.900		
Nombre de familles.............	167.629	263.609		
Nombre de familles abonnées au téléphone.....................	33.570	111.066	soit	43,8 %
Nombre d'entreprises............	24.795	33.197		
Nombre d'entreprises abonnées au téléphone.....................	14.013	28.241	»	85,6 %

Ce curieux tableau représente d'ailleurs seulement une partie du travail effectué par le service des prévisions, puisque ce même service a aussi dressé la carte des emplacements d'abonnés pour 1934. Nous avons vu cette carte dans les bureaux de l'American Telegraph and Telephone C° (1) et nous sommes convaincus que le lecteur français serait très curieux de la comparer dans quinze ans à la carte effective qui sera établie à cette époque ; les ingénieurs américains sont d'avis que le pourcentage d'erreur sera minime, car ils ont déployé en la circonstance l'effort maximum d'analyse logique d'après les documents statis-

(1) Carte à l'échelle de 1 pouce pour 600 pieds (1/7200).

tiques du passé et du présent et les enquêtes pour serrer de plus près la vérité.

Dans les villes à bureau unique, on fait généralement les prévisions pour une période de 18 à 21 ans. Lorsque l'avenir paraît trop incertain, on peut d'ailleurs raccourcir la période ; mais dans d'autres cas, par exemple si l'on veut éviter de remanier le réseau souterrain, il y a un intérêt évident à allonger la période de prévisions le plus possible.

Lignes auxiliaires entre les bureaux d'une même ville. — Dans les villes à plusieurs bureaux les lignes auxiliaires entre ces bureaux forment une importante partie du réseau des câbles téléphoniques. On doit fixer tant pour la période actuelle que pour la période future le nombre de lignes auxiliaires entre chaque bureau et les bureaux qui lui seront reliés. Cette détermination n'est d'ailleurs possible qu'après avoir découpé l'aire de la ville en secteurs téléphoniques, c'est-à-dire quand l'étude d'ensemble du réseau est déjà suffisamment avancée.

Carte du réseau souterrain. — La carte du réseau souterrain indique non seulement le tracé des câbles mais aussi le nombre de câbles dans chaque section. La façon la plus recommandable de faire un réseau souterrain est d'affecter à chaque câble une alvéole d'une conduite multiple. Le nombre d'alvéoles de la conduite figurera sur la carte et même le diamètre des alvéoles.

Documentation sur les bâtiments téléphoniques — Aux documents qui précèdent on joint des renseignements sur les bâtiments téléphoniques existants, sur les salles disponibles qu'ils peuvent contenir, la possibilité de les surélever ou de les agrandir en surface. La date à laquelle remonte la construction des édifices est mentionnée avec soin ainsi que toutes remarques sur leur vétusté.

On fait également la liste de tous les terrains à bâtir qui pourraient intéresser la compagnie téléphonique, avec les prix demandés pour l'achat, l'indication des servitudes, etc.

II. Méthodes de choix.

Les méthodes à employer pour choisir les emplacements des bureaux téléphoniques peuvent se réduire à deux :

1° Cas des villes devant rester, compte tenu des prévisions d'extension, au-dessous de 10.000 abonnés et dont la forme ramassée n'exige pas a priori l'établissement de plusieurs bureaux téléphoniques ;

2° Cas des villes à plusieurs bureaux.

Nous commençons par traiter le cas des villes à un seul bureau.

Cas des villes à un seul bureau. — *Emplacement du bureau téléphonique.* — Il y a naturellement un bureau téléphonique existant. On se propose d'abord de voir si l'emplacement du bureau existant correspond à peu près à l'emplacement théoriquement le meilleur. Ceci se voit par la carte du réseau souterrain, s'il y a un nombre égal de lignes entrant par l'Est et par l'Ouest, par le Nord et par le Sud. L'emplacement théoriquement le meilleur doit correspondre en effet à cette relation.

Si le bureau existant est très éloigné de l'emplacement théoriquement le meilleur, l'on doit faire un devis d'évaluation de la construction d'un bureau à l'emplacement qui pourrait être choisi au point le plus favorable pour y transférer le bureau existant et un autre devis d'évaluation de l'économie de câbles qu'on réaliserait de ce fait. La comparaison de ces deux devis décidera de ce que l'on doit faire en tenant compte aussi du plus ou moins grand état de vétusté du bureau existant.

Discussion de l'utilité de la création de plusieurs bureaux. — Le besoin de créer plusieurs bureaux dans une ville devant rester au-dessous de 10.000 abonnés, compte tenu des prévisions d'extension, ne se justifiera que s'il existe de gros faubourgs allongés dans une direction radiale par rapport à la cité.

Dans toutes les villes devant avoir plus de 10.000 abonnés, la création de plusieurs bureaux est une nécessité absolue — la capacité d'un bureau téléphonique étant considérée en pratique comme ne devant pas dépasser 10.000 abonnés.

Cas des villes à plusieurs bureaux. — Il existe parfois des lignes de division naturelles telles que des rivières difficiles à traverser par le téléphone quand elles sont larges qui partagent l'aire à desservir en zones définies, le problème sera déjà restreint à l'étude de la subdivision de chacune de ces zones naturelles en tenant compte de ses liaisons avec les autres zones.

Premier projet de subdivision. — En général, l'un des meilleurs arrangements possibles consistera à partager la ville en secteurs de 10.000 abonnés et à placer un bureau téléphonique au « centre téléphonique » de chaque secteur. Mais comme la densité des abonnés au téléphone décroît vers la périphérie de l'aire à desservir, l'arrangement visé ci-dessus devra recevoir des modifications. On réajustera d'abord les limites des secteurs téléphoniques de façon qu'elles soient en chaque point équidistantes des deux bureaux limitrophes. Puis, après ce réajustement, on déterminera à nouveau le centre téléphonique de chaque secteur.

Dans la recherche du centre téléphonique d'un secteur, il faut tenir compte non seulement des lignes d'abonnés, mais aussi des lignes auxiliaires qui vont relier le bureau téléphonique de ce secteur aux autres bureaux. On pourra estimer, pour un bureau de 10.000 abonnés, qu'il y a un total de 1.000 lignes auxiliaires à y raccorder (1), on répartira convenablement ces 1.000 lignes vers les autres bureaux. Si certains groupes de lignes auxiliaires sont constitués avec des fils de plus gros diamètre, on multipliera le nombre de ces lignes par le coefficient 1,5 par exemple.

Autres projets de subdivision. — Si le projet de subdivision ainsi préparé ne paraît pas satisfaisant pour des considérations topographiques par exemple, on pourra élaborer d'autres projets en découpant la ville en d'autres secteurs initiaux et même en secteurs inégaux, les uns de 10.000 abonnés, les autres de moins

(1) Ceci serait le chiffre exact avec les hypothèses suivantes : 70 % du trafic du bureau sort du secteur de ce bureau et chaque abonné du secteur fait 1,25 appels à l'heure chargée.

de 10.000. Mais pour continuer chaque projet, on déterminera des limites de secteurs qui soient équidistantes des bureaux limitrophes et l'on cherchera dans chaque secteur le centre téléphonique comme il a été expliqué plus haut.

Évaluations diverses.

Evaluations relatives aux lignes d'abonnés. — Pour déterminer à priori le prix d'un réseau de lignes d'abonnés, il peut être utile de fixer le maximum de résistance ohmique qu'elles ne doivent en aucun cas dépasser. L'American Telegraph and Telephone C° a adopté les limites suivantes :

Réseaux à 1 ou 2 bureaux	....	500	ohms
— 3 —	....	450	—
— 4 à 6 —	....	400	—
— 7 à 15 —	....	350	—

Dans chaque projet de subdivision de la ville en secteurs téléphoniques, on vérifiera si les lignes d'abonnés ont la résistance admissible et l'on ne fera l'évaluation du prix du réseau des câbles d'abonnés qu'après cette vérification.

Discussion de l'opportunité de modifier le réseau existant pour réaliser le réseau idéal. — Il est presque toujours certain que l'abandon des bureaux existants, quand ceux-ci ne sont pas d'un type démodé, entraînerait des dépenses hors de proportion avec l'amélioration qui résulterait de la construction de nouveaux bureaux mieux placés. Il est alors préférable de conserver ces bureaux comme centres téléphoniques et de réajuster les limites des secteurs téléphoniques.

La méthode théorique qui a été décrite au titre II apparait alors surtout comme un guide pour préparer l'extension du réseau ou le remplacement des bureaux devenus trop vieux par des bureaux neufs.

TAXES ET PRIX DE REVIENT
DES CONVERSATIONS INTERURBAINES

par M. GELLÉE,
Chef de Bureau à l'Administration Centrale des Postes et Télégraphes.

Les taxes des conversations interurbaines sont fixées en France, d'après les règles suivantes :

1° L'unité de durée des conversations de jour et de nuit est de 3 minutes.

2° La taxe de jour est appliquée entre 7 h (1er mars à fin octobre) ou 8 h. (1er novembre à fin février) et 19 h. 30 ; la taxe de nuit, pendant l'autre période de temps.

3° La taxe de l'unité de conversation interurbaine de jour est fixée ainsi qu'il suit :

1° Entre réseaux d'un même département : 1 franc.

2° Entre réseaux de départements différents : 75 centimes par 75 kilomètres ou fraction de 75 kilomètres de distance, mesurée à vol d'oiseau, de chef-lieu de département à chef-lieu de département, sans que cette taxe puisse être inférieure à 1 fr. 25.

Les taxes visées aux deux paragraphes ci-dessus sont réduites à 50 centimes :

a) pour les conversations échangées par des lignes téléphoniques dont la longueur totale ne dépasse pas 25 kilomètres ;

b) pour les conversations échangées entre réseaux des localités appartenant à un même canton ou à des cantons limitrophes reliés par une ou plusieurs lignes directes ;

c) pour les conversations échangées entre le réseau d'une ville chef-lieu de plusieurs cantons et les réseaux des localités situées dans l'un quelconque de ces cantons.

Enfin Seine et Seine-et-Oise sont considérés comme ne formant qu'un seul département avec Paris pour Chef-lieu.

Dans le service de nuit, la taxe de l'unité de conversation interurbaine est fixée aux 3/5 de la taxe correspondante de jour, sans qu'elle puisse être inférieure à 50[c] par unité.

Aux heures de nuit, des conversations interurbaines peuvent être établies à heures fixes, par abonnement. La taxe de l'unité de conversation est alors ramenée aux 2/5, sans pouvoir descendre au-dessous de 50[c].

* * *

Avant la guerre et jusqu'au 1[er] janvier 1917, les taxes interurbaines étaient calculées suivant des principes analogues à ceux indiqués ci-dessus. Seuls les chiffres de base différaient : 0 fr. 40 entre réseaux d'un même département et 0 fr. 25 par 75 km. entre réseaux de deux départements, avec minimum de 0 fr. 50 et maximum 3 fr. Actuellement, un minimum subsiste, mais le maximum a été supprimé.

La loi du 30 décembre 1916 a frappé chaque taxe interurbaine d'une surtaxe. Enfin les tarifs actuels ont été établis par la loi du 20 mars 1920.

* * *

Depuis 1914, les taxes interurbaines ont donc été relevées dans une proportion qui varie du double au triple.

Depuis la même époque, le prix des matériaux employés dans la construction des lignes ou entrant dans les installations téléphoniques et celui de la main-d'œuvre ont subi une augmentation sensiblement proportionnelle. Il est facile de s'en rendre compte en examinant le tableau ci-dessous, qui fait ressortir un coefficient d'augmentation de 3 environ dans tous les cas.

Prix forfaitaire servant de base.

1° pour l'établissement des circuits téléphoniques.

		1914	1921
Cuivre 2mm.5	par km.	511 f.	1.600 f.
3	—	643	1.940
3.5	—	786	2.340
4	—	946	2.810
4.5	—	1.127	3.320
5	—	1.331	3.900

Il faut en outre ajouter aux prix de 1921 == 225 f. par km. pour les circuits pupinisés et pour l'installation de relais : 35.000 fr. pour un circuit d'une longueur comprise entre 400 et 800 km. et 70.000 fr. pour une longueur supérieure à 800 km.

2° pour l'installation des postes.

		1914		1921	
Postes à 25 directions		1.486 f.	—	4.117 f.	
50 —		2.534		6.383	
100 —		4.449		12.477	
Une position interurbaine				10.596	
Traitement et indemnité	Paris	2.610 f.			7.330 f.
diverses d'une téléphoniste	Dép.	2.110 f.			6.430 f.

Si l'on s'en tenait aux considérations qui précèdent on serait amené à admettre que nos taxes interurbaines actuelles sont en rapport avec les prix de revient correspondants.

Il n'en est cependant pas ainsi, nous allons nous efforcer de le démontrer.

TARIFS INTERURBAINS

	Avant la guerre et jusqu'au 1er janvier 1917		A partir du 1er janvier 1917	A partir du 1er avril 1920
Sur lignes de 25 km. au plus ; entre réseaux d'un même canton ou de cantons limitrophes.....	0,25		0,30	0,50
Entre réseaux d'un même département	0,40		0,50	1,00
Entre réseaux de départements différents par 75 km. de distance à vol d'oiseau de chef-lieu à chef-lieu	75 km.	0,50	0,65	1,25
	150	0,50	0,65	1,50
	225	0,75	0,95	2,25
	300	1	1,25	3
	375	1,25	1,70	3,75
	450	1,50	2	4,50
	525	1,75	2,35	5,25
	600	2	2,75	6
	675	2,25	3,25	6,75
	750	2,50	3,50	7,50
	825	2,75	4	8,25
	900	3	4,50	9

Tout d'abord, si l'on examine le tableau ci-dessous qui permet de comparer les tarifs français à ceux en vigueur dans les pays où le téléphone est le plus développé, on constate que, sauf dans les relations de voisinage qui chez nous, ne profitent pas d'un traitement spécial, nos taxes sont très sensiblement inférieures à celles en vigueur aux Etats-Unis, en Angleterre et en Allemagne.

Comme l'exploitation n'est pas plus perfectionnée en France que dans les pays que nous venons de citer et que, d'autre part, les prix de toutes les choses n'y sont pas moindres, il est plausible d'admettre que nos tarifs sont trop faibles.

Il en est en effet ainsi et l'on peut même dire que cette erreur économique ne fait que confirmer des errements très anciens.

Distances	Taxe française actuelle	Taxes en vigueur (en francs au pair du change)		
		États-Unis (Burlesonrates)	Allemagne	Angleterre
5 km.	0,50	0,25	0,25	0,45
15	0,50	0,25	0,75	0,45
25	0,50	1	1,25	0,95
50	1	1,25	2	1,45
75	1,25	1,75	3	2,05
100	1,50	2,25	3	2,70
200	2,25	4,25	4,50	4,45
300	3	6 25	6	5,80
400	4,50	8,25	7,50	7,25
500	5,25	10	9	9,55
600	6	12	10,50	10,80
700	7,50	14	12	13,20
800	8,25	16	13,50	14,55
900	9	18	15	15,80

Notre intention n'est pas de rechercher les causes de cet état de choses. Il nous paraît préférable de démontrer le fait, en établissant le prix de revient des conversations interurbaines.

Nous admettrons, comme on le fait généralement, que le trafic moyen par circuit interurbain, à l'heure chargée, est de 10 unités (3 minutes) de communication, ce qui correspond à un trafic journalier de 70 communications. Sans doute, certains circuits écoulent un nombre de conversations plus élevé, mais ce chiffre 70 est actuellement une moyenne à laquelle on peut s'arrêter.

En partant de cette évaluation, on trouve que l'élément fixe qui intervient dans le prix d'une communication, et qui représente les dépenses de personnel : annotatrice, bouliste, opératrice, surveillante ; celles d'amortissement et d'entretien des positions d'annotatrice et interurbaine, enfin les frais généraux, s'élève à 0 fr. 687. A cette première somme, il faut ajouter 0 fr. 226 pour la rémunération des manœuvres assurées par les opératrices urbaines ou intermédiaires qui interviennent au moment où les communications sont demandées et établies. Par conséquent, sans tenir compte de l'amortissement et de l'entretien du circuit, on atteint le chiffre de 0 fr. 913. Or toutes les communications échangées à l'intérieur des départements sont taxées, les unes 0 fr. 50, les autres 1 fr.

Si l'on tient compte de l'amortissement et de l'entretien du circuit, on trouve que la communication revient à 1 fr. 25 ; 1 fr. 50 ; 1 fr. 76 ; 2 fr., selon que la longueur de la ligne est de 25, 50, 75, 100 km.

Par conséquent, les communications cantonales et départementales sont toutes déficitaires.

Quel remède peut-on apporter à cette situation ?

Augmenter les taxes habituellement fixées à 0 fr. 50 et 1 fr. ? Nous ne pensons pas que la mesure serait efficace. Trop de petits circuits n'assurent qu'un faible trafic : aussi serait-il à craindre, dans ces conditions, qu'en élevant les taxes on restreigne encore les échanges téléphoniques cantonaux et départementaux. Les dépenses d'exploitation ne seraient pas réduites et les produits varieraient peu. Aucun résultat pratique ne serait donc obtenu, au contraire.

A vrai dire, nous n'apercevons pas de remède immédiat, parce que, dans le chiffre de 0 fr. 913, plus des 3/4 sont des dépenses de personnel et qu'il ne saurait être question de diminuer les traitements de nos opératrices, entièrement justifiés.

La solution nous paraît devoir être recherchée en améliorant les méthodes d'exploitation et en utilisant l'automatique au moyen d'installations qui supprimeraient une partie, au moins, des opératrices dans les relations de voisinage ou à faible distance,

sur les circuits à faible ou à moyen trafic. Ceci permettrait en outre d'assurer un service permanent, ce qui très probablement contribuerait à accroître les échanges téléphoniques dans les relations que nous envisageons, le rendement serait donc meilleur puisque la question de personnel ne se poserait pas.

Actuellement, nous avons une poussière de réseaux dont la grande majorité ne sont que des centres amorphes, sans vie, n'assurant le service que pendant quelques heures seulement. Il faut en réduire le nombre, pour constituer des centres plus actifs se prêtant à une exploitation permanente ou tout au moins très étendue sans être plus coûteuse ; c'est ce que l'on envisage, d'une manière encore confuse, d'ailleurs, quand l'on parle d'automatiques ruraux, voire départementaux.

En même temps, il conviendrait de fixer pour la détermination des taxes des règles plus rationnelles que celles en vigueur. Le canton, le département même, constituent-ils les circonscriptions appropriées à la fixation des taxes? Nous ne le croyons pas.

Si maintenant nous recherchons le prix de revient des communications à moyenne et grande distance, échangées sur des lignes aériennes en cuivre construites sur isolateurs, nous constatons que plus la longueur du circuit augmente, plus l'élément fixe : 0 fr. 913 est noyé dans le prix total de revient. Il doit, en effet, en être ainsi, puisque le poids du cuivre est à la fois proportionnel à la longueur de la ligne et au carré du rayon du fil employé.

Prix de revient d'une communication échangée par lignes aériennes d'une longueur de :

	Diamètres				
	2 mm. 5	3	3 avec relais	4	5
200 km.	3,05	3,35			
300		4,50			
400		5,70			
500			7,15	8,85	
600			8,30	10,40	
700			9,50	12	
800			10,65	13,55	17,55
900			11,80	15,10	19,60

L'examen des chiffres ci-dessus conduirait à dire que si l'on s'en tenait au système de construction des lignes employé jusqu'ici en France, c.-à-d. si l'on établissait seulement des lignes aériennes avec isolateurs sur consoles et traverses, le prix de revient des communications à moyenne et longue distance rendrait toute exploitation bien difficile.

Fort heureusement, nous connaissons le remède : ce sont les câbles pupinisés, avec relais.

En utilisant des câbles de grande capacité, les prix de revient seraient alors les suivants :

100 km :	1 fr. 95
200	2.65
300	3.35
400	4.00
500	4.70
600	5.40
700	6.10
800	6.80
900	7.50

L'avenir peut donc être envisagé sous un jour plus favorable. Certes, il ne faut pas s'en tenir exclusivement aux chiffres du dernier tableau parce que toutes les lignes ne seront pas sous câbles. Seules les grandes artères : Paris, Amiens, Lille ; Paris, Rouen, le Havre : Paris Dijon, Lyon, Marseille, par exemple, pourront être constituées au moyen de tels conducteurs. Beaucoup d'autres desservant les centres secondaires, certaines transversales aussi devront être encore établies aériennement sur isolateur. Par suite, le prix de revient en communication sera intermédiaire entre ceux des deux derniers tableaux et ne s'éloignera pas trop sensiblement des tarifs actuels.

Mais en attendant que notre réseau ait pris le développement prévu dans les derniers programmes de travaux, il faut équilibrer le budget du téléphone.

Aussi semble-t-il tout à fait raisonnable d'augmenter les taxes des communications échangées sur une distance de 150 km. au moins.

En tenant compte de ce qu'une grande partie de notre réseau interurbain a été construit avant guerre, mais en ne perdant pas de vue non plus la dépense fixe actuelle de 0 fr. 913 par communication, en considérant également que le prix des conversations à grande distance ne représente pour le commerce et l'industrie, qu'une faible partie de leurs frais généraux, on arrive à cette double conclusion que les taxes interurbaines à partir de 1 fr. 50 doivent et peuvent être immédiatement augmentées d'au moins 30 à 50 °/₀. C'est une nécessité dont il serait injuste de rendre l'Administration responsable. Ce sont les données actuelles de notre vie économique qui imposent implacablement ce relèvement.

En outre, les communications urgentes à triple taxe pourraient être comme sur les grands pays téléphoniques dans le service intérieur. Par contre, au delà des 3 premières minutes, les communications à grande distance seraient taxées par minute. L'Etat trouverait un supplément appréciable de ressources dans le nouveau régime. Les objections que l'on peut faire à cet égard ne valent pas contre ce double fait : d'une part, notre réseau des lignes à moyenne et grande distance est insuffisant en ce moment pour satisfaire aux besoins de la clientèle ; d'autre part, le commerçant, l'industriel, le courtier, le banquier demandent avant tout, lorsqu'ils traitent une affaire, à être servis vite, très vite, sans marchander le prix d'une conversation, qui d'ailleurs, même triplé, n'entre en ligne de compte, dans le résultat qu'ils escomptent, que pour une partie très minime. Au surplus, ceux qui hésiteraient à admettre les conversations urgentes pourraient se dire que pour ne pas en pâtir, il leur appartient de s'organiser en conséquence. Nous voulons dire qu'ils pourraient utiliser les lignes en dehors des heures de plein trafic : les circuits dorment de 19 h. à 8 h., ils ne demandent qu'à travailler.

LA SALLE D'ESSAIS
DU NAVIRE CABLIER « EMILE BAUDOT »

Par M. MARINI,
Rédacteur des Postes et Télégraphes.

La salle d'essais de l'« *Emile Baudot* » (fig. 1) est située sur le pont-abri, à l'avant du château central.

Elle mesure 3 m, 45 sur 2 m, 60, sa plus grande dimension étant dans le sens de la largeur du navire.

Deux portes y donnent accès, à bâbord et à tribord. Elle prend jour par deux hublots latéraux et par deux fenêtres rectangulaires pratiquées dans la face avant. Des fenêtres, on aperçoit les commandes des machines de relèvement, les échelles des dynamomètres et tous les organes de guidage et de manœuvre jusqu'à l'extrême avant du navire. C'est dire que les travaux qui se déroulent sur le pont-abri peuvent être suivis de la salle d'essais qui constitue ainsi le véritable poste d'observation du chef de mission.

Au moment de la livraison du navire à Newcastle, la salle d'essais ne comprenait que l'ameublement indispensable. Le service des câbles sous-marins compléta cet ameublement et effectua toute l'installation de mesures et de signalisation, y compris la liaison avec les cuves à câbles.

Ce service, s'aidant d'une longue expérience, s'attacha à réaliser une installation qui fût essentiellement propre aux mesures en mer. On connaît la nature spéciale de ces mesures. On sait qu'elles doivent le plus souvent s'effectuer en un temps très court et que cependant la rapidité de l'exécution ne doit pas nuire à la sûreté des résultats. Une installation de mesures à bord d'un câblier doit donc être telle que les fausses manœuvres soient

rendues pour ainsi dire mécaniquement impossibles et que les dérangements, dont il faut prévoir l'éventualité malgré toutes les

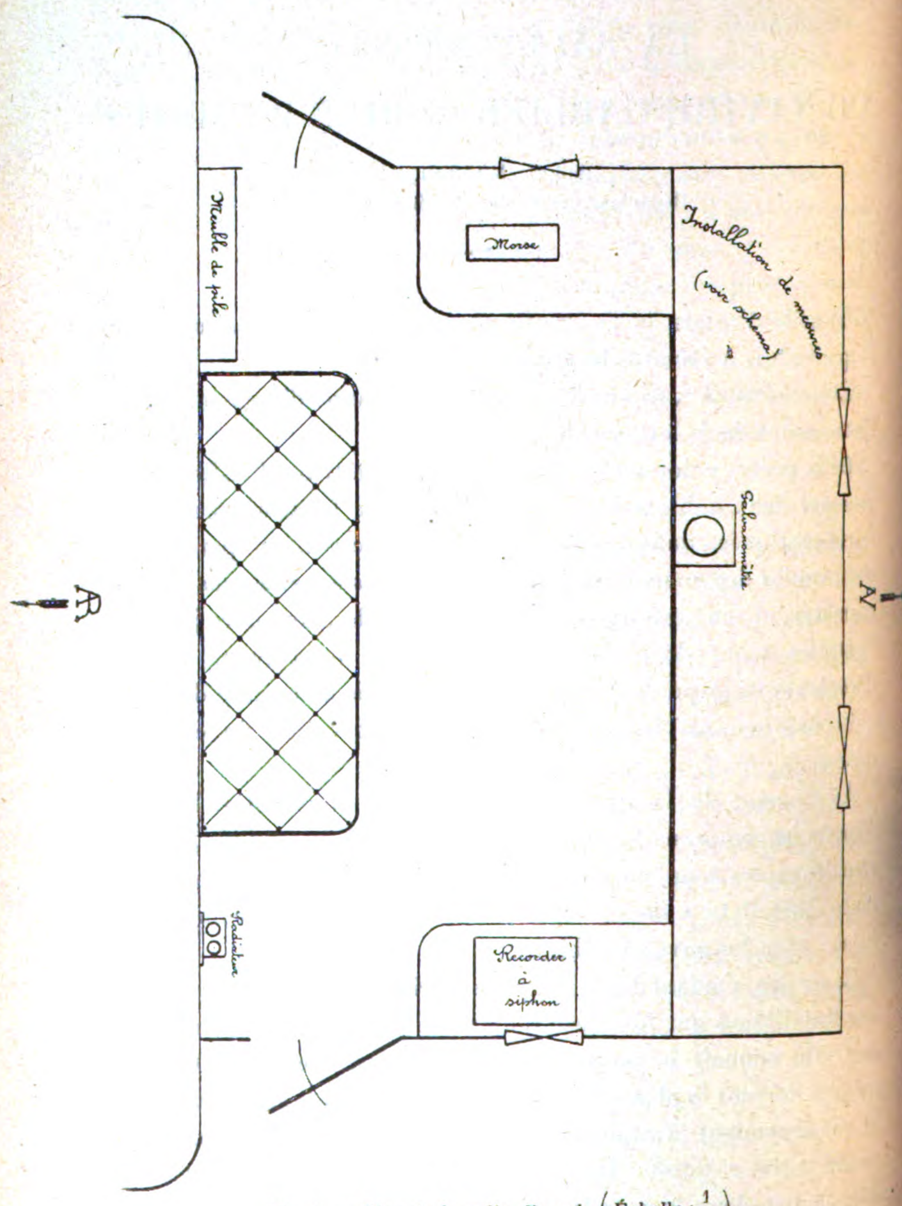


Fig. 1. — Plan de la salle d'essais $\left(\text{Échelle} : \frac{1}{30}\right)$.

précautions prises, puissent être promptement localisés. En un mot, plus encore que dans un laboratoire à terre, les qualités maîtresses à rechercher sont la simplicité, la clarté, la sécurité.

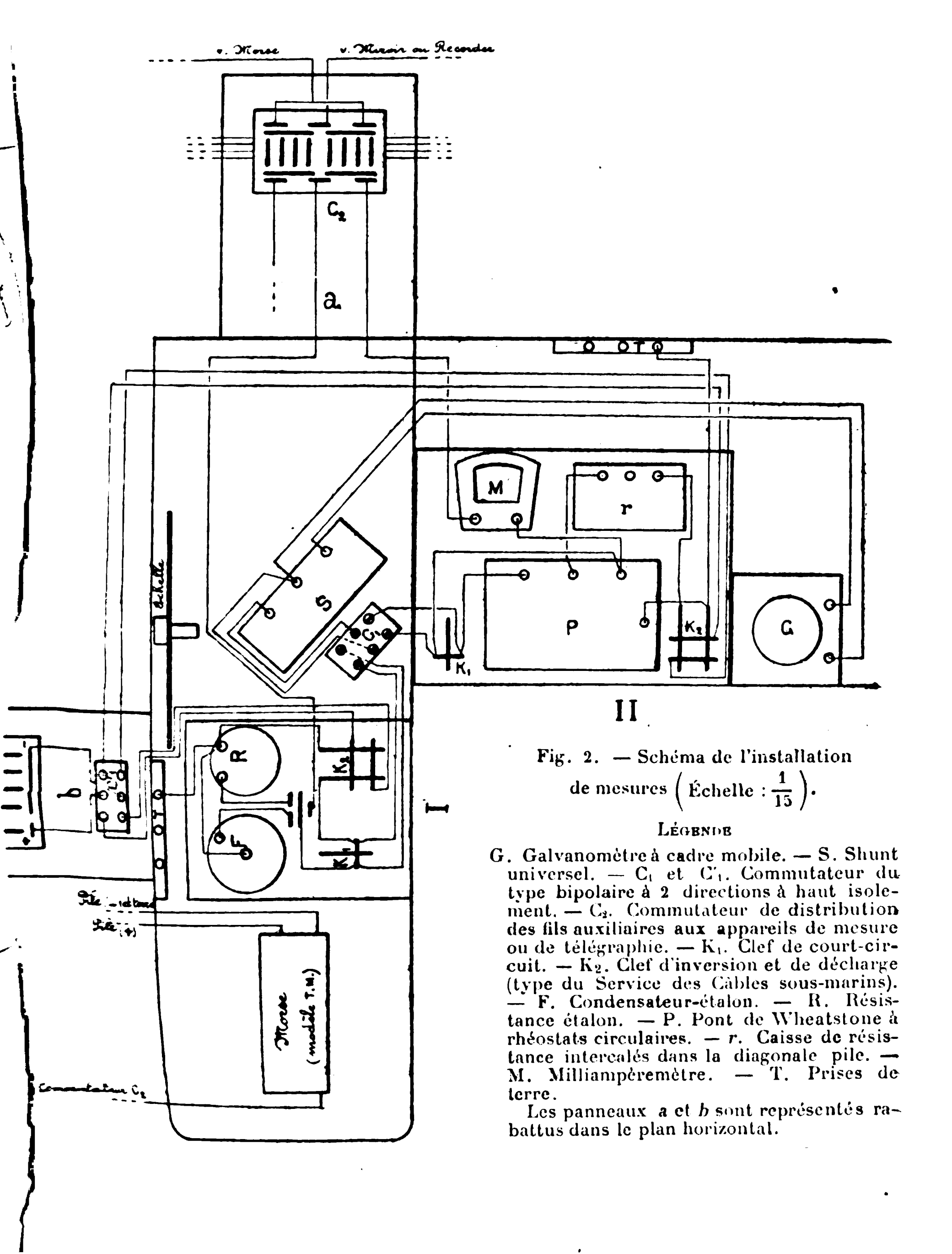


Fig. 2. — Schéma de l'installation de mesures (Échelle : $\frac{1}{15}$).

LÉGENDE

G. Galvanomètre à cadre mobile. — S. Shunt universel. — C_1 et C'_1. Commutateur du type bipolaire à 2 directions à haut isolement. — C_2. Commutateur de distribution des fils auxiliaires aux appareils de mesure ou de télégraphie. — K_1. Clef de court-circuit. — K_2. Clef d'inversion et de décharge (type du Service des Câbles sous-marins). — F. Condensateur-étalon. — R. Résistance étalon. — P. Pont de Wheatstone à rhéostats circulaires. — *r*. Caisse de résistance intercalés dans la diagonale pile. — M. Milliampèremètre. — T. Prises de terre.

Les panneaux *a* et *b* sont représentés rabattus dans le plan horizontal.

On s'est efforcé de réunir ces trois qualités dans l'installation que nous allons décrire.

Nous indiquerons en passant les particularités intéressantes des appareils.

Les fils auxiliaires venant des cuves (2 fils par cuve) ou du gaillard (2 fils) arrivent à un commutateur de distribution C_2 (fig. 2) d'où ils peuvent être dirigés soit sur les appareils de mesures soit sur les appareils télégraphiques.

Appareils de mesures. — Deux installations sont toujours prêtes à fonctionner, l'une (I) (voy. schéma) pour les mesures de capacité et d'isolement, l'autre (II) pour les mesures de la résistance du cuivre.

Chaque installation est supportée par un plan incliné qui rend les appareils plus accessibles.

La disposition à angle droit permet l'emploi d'un seul galvanomètre. La lecture se fait de face pour les élongations de capacité et les déviations d'isolement, de côté pour les mesures de la résistance du cuivre.

Le galvanomètre et son shunt, la pile sont communs aux deux installations. Ils peuvent être affectés à l'une ou à l'autre par le jeu des commutateurs bipolaires à deux directions C_1 (galvanomètre et shunt) et C'_1 (pile).

Le galvanomètre, construit par la Telegraph Construction and Maintenance C°, est le modèle le plus perfectionné des galvanomètres à cadre mobile dont le Deprez d'Arsonval est le prototype. Les pôles de l'aimant sont terminés par des pièces de fer doux de forme semi-circulaire qui augmentent la sensibilité. La tige de la suspension est à section carrée, de sorte que le cadre reste toujours très exactement dans l'axe des pièces polaires. La suspension est munie d'un dispositif ingénieux qui la rend insensible aux mouvements du navire : le cadre mobile porte à sa partie supérieure et à sa partie inférieure, dans deux plans perpendiculaires, deux vis sans fin le long desquelles on peut le déplacer. On arrive par tâtonnements à une position d'équilibre. Le réglage se fait au moyen d'une planche sur laquelle on a

installé provisoirement le galvanomètre et son échelle et qu'on fait osciller de façon à imiter le tangage et le roulis.

Le shunt est un shunt universel à trois rhéostats circulaires à larges contacts sous verre. La résistance totale est de 10.000 ohms. La résistance partielle varie par dizaine d'unités. On a donc un très grand nombre de valeurs pour le rapport des deux résistances. Cette souplesse, dans les mesures au faux zéro, permet d'utiliser toute l'étendue de l'échelle.

L'installation I (capacité et isolement) comprend une clef de pile et une clef de court-circuit dont le côté ligne peut être dirigé, par l'intermédiaire d'un commutateur bavarois, soit sur les étalons de comparaison (microfarad (F) ou mégohm (R)) soit sur le commutateur C_2 et le câble à essayer.

La clef de pile permet l'inversion du courant et la décharge. C'est un véritable manipulateur à double clef pour recorder à siphon à haut isolement. L'abaissement des ressorts est produit par un levier à genouillère qui agit sur de petits paliers en ébonite. Ce levier, dont l'idée revient au service des câbles sous-marins, donne à l'appareil une supériorité marquée sur la plupart des clefs similaires, où, le plus souvent, une manette se déplaçant dans le plan horizontal établit des contacts douteux. Ici, au contraire, l'attaque se faisant normalement, les contacts sont toujours bons.

L'installation II (résistance du cuivre) comprend un pont de Wheatstone, une clef de pile du type précédent, et une clef de court-circuit. Une boîte de résistances à rhéostats, intercalée dans la diagonale pile, sert, quand la méthode employée le demande, à produire des variations d'intensité lues dans un milliampèremètre à grande sensibilité M qui peut être placé en tête du câble.

Le pont de Wheatstone a pour branche variable une résistance à rhéostats circulaires à quatre décades, dispositif très pratique pour l'application des méthodes qui exigent une exécution rapide (méthode de Black et de Mance, par exemple).

Un commutateur de pile à quatre voltages (5, 10, 20, 40 éléments) est fixé sur un panneau vertical à portée des deux instal-

lations. Nous avons vu que la pile ne peut être affectée qu'à une seule installation à la fois.

La pile est à liquide. Les quarante éléments sont du modèle téléphonique au manganèse avec positifs agglomérés en sacs, modèle que sa résistance intérieure, faible et constante, rend particulièrement propres aux mesures. Ces éléments, rangés sur les rayons d'un meuble placé dans la salle d'essais même, sont entièrement visibles, faciles à visiter et parfaitement isolés. Serrés l'un contre l'autre et simplement séparés par des planchettes paraffinées, ils ne peuvent se déplacer sous l'effet des mouvements du navire.

La lampe du spot est alimentée par le courant du bord (110 volts), mais une petite lampe auxiliaire, alimentée par une pile spéciale de 8 volts à liquide et à positifs en sacs, peut remplacer la lampe principale quand la dynamo ne fonctionne pas (feux éteints ou interruption accidentelle).

Toutes les connexions sont apparentes. Les organes intermédiaires sont réduits au strict minimum.

Les commutateurs bipolaires, les commutateurs bavarois de pile et de distribution des fils auxiliaires sont montés sur colonnes d'ébonite. Les appareils de l'installation I reposent sur des plaques isolantes en paraffine.

L'installation que nous venons de décrire permet l'application des méthodes suivantes :

Pour l'isolement et la capacité : méthode de comparaison.

Pour la résistance du cuivre : méthode ordinaire de courants alternés, méthodes du faux zéro, de Mance, de Black (par une simple commutation de fils), méthodes de localisation de Kennelly, de Schaefer, de Blavier avec correction. On remarquera que le montage se prête particulièrement à l'application de la méthode de Schaefer, souvent la plus exacte pour la localisation des ruptures complètes. On sait que cette méthode comporte une correction du courant de terre, et qu'il est important d'évaluer ce courant en volts plusieurs fois au cours d'une épreuve. Ce passage d'un montage de cuivre à un montage d'isolement s'obtient en quelques secondes grâce aux commutateurs C_1 et C_2.

Les méthodes indiquées sont les plus généralement employées dans les essais en mer. On peut voir qu'il est d'ailleurs facile de modifier rapidement l'installation permanente pour l'adapter à d'autres méthodes. Réaliser d'avance tous les montages susceptibles d'être utilisés eût conduit à multiplier les organes intermédiaires, et par suite à s'écarter des principes que nous avons mis à la base de toute installation de bord rationnelle.

Le matériel d'essais est complété par un jeu d'appareils de rechange et d'appareils accessoires. Des condensateurs, d'une capacité totale de 35 microfarads, servent à la fois pour les mesures de capacité (méthode de Gott, de Thomson, etc...) et comme condensateurs de blocage pour le travail au miroir ou au recorder à siphon.

L'installation portative pour les mesures dans les guérites d'atterrissement comprend essentiellement un galvanomètre à cadre mobile et ses accessoires, un shunt universel, une planche à clefs (clef de pile, clef de court-circuit), un pont de Wheatstone, une boîte de résistances, un milliampèremètre, un micro-étalon. Ces appareils sont du même type que ceux de l'installation fixe, sauf le shunt qui est d'un type courant. La boîte de pile, peu encombrante, contient vingt éléments à liquide immobilisé de petit modèle ; un commutateur bavarois, fixé dans la boite même, permet de prendre quatre valeurs de voltage. La source d'éclairage du spot est une lampe à pétrole. Toutes les connexions sont volantes et établies au moment de l'essai.

Les commutateurs, clefs de pile, clefs de court-circuit ont été fabriqués à l'usine de La Seyne sur les plans établis par le service des câbles sous-marins.

Pour la commodité des mesures, un petit réseau téléphonique relie les cuves à câbles à la salle d'essais. Les quatre postes sont munis d'appareils combinés. Les circuits sont à trois fils, ce qui permet de n'employer qu'une seule pile. Comme on ne travaille qu'avec une cuve à la fois, un simple commutateur suffit pour passer d'un circuit à un autre.

Appareils télégraphiques. — Ils comprennent un morse M et un recorder Muirhead à siphon placé à tribord.



Le morse est du modèle de la télégraphie militaire.

Le recorder à siphon est d'un type spécialement construit pour les câbliers. Il est plus simple et plus robuste que le type des stations.

La suspension est placée sur le derrière de l'instrument. Deux longues fibres de soie transmettent horizontalement à la sellette du siphon les mouvements du cadre mobile. Le cadre peut être rendu à volonté solidaire ou indépendant de la fourchette en aluminium qui porte ces fibres.

Au sommet de la suspension est fixé un miroir, et l'appareil peut fonctionner soit comme galvanomètre si le cadre est libre, soit comme « miroir » si le cadre est bridé par la fourchette. Le spot est renvoyé sur la gauche, où l'on a prévu une échelle et une installation d'éclairage.

Le vibrateur est placé à la partie supérieure du bâti qui soutient le système de suspension de la sellette : les vibrations sont transmises au siphon par une fibre de soie attachée près de son extrémité libre.

Le système de déroulement du papier est un mécanisme d'horlogerie.

Pour remédier à l'affaiblissement possible du champ magnétique, les aimants permanents sont entourés de bobines à gros fil de cuivre dans lesquelles un courant de 100 volts peut circuler dans le sens déterminé par la polarité. Trois ou quatre applications prolongées de ce courant suffisent, d'après le constructeur, pour régénérer les aimants.

Nous ne dirons rien du montage de l'installation recorder, qui est le montage ordinaire complété par un inverseur de signaux.

Les piles de transmission, disposées comme la pile d'essai, sont de quarante éléments pour le morse et de seize éléments pour le recorder à siphon. Des commutateurs permettent de prendre tout ou partie de ces éléments.

Les appareils télégraphiques de rechange comprennent un deuxième morse portatif du modèle de la télégraphie militaire, un miroir ordinaire, et un miroir pour longs câbles qui est un véri-

table galvanomètre Sullivan avec une suspension moins sensible et une apériodicité plus grande.

Le matériel accessoire comprend des relais polarisés (modèle Baudot et modèle du Post Office) employés notamment dans le cas de communication au Morse à travers une faute grave.

HISTORIQUE DE LA POSTE

Par M. E. MONTORIOL,
Inspecteur des Postes et Télégraphes.

Les postes anciennes.

Le mot *poste* provient du substantif de basse latinité *posta*, contraction de *posita* (station) dérivé lui-même du participe *positus* (placé) ; on désignait sous le nom de *posta* ou de *posita* les relais qu'on plaçait, de distance en distance, sur les routes parcourues par les courriers ; toutefois, les Romains, qui possédaient une institution de transmission des messages, la désignaient sous le nom de *cursus publicus* (course publique). Le mot *poste* semble avoir été introduit en France vers le commencement du xv[e] siècle ; on employa tout d'abord l'expression *poste aux chevaux* pour désigner les relais destinés à assurer l'acheminement rapide des courriers royaux, puis celui des voyageurs et des messageries ; ensuite vint *la poste aux lettres*, lorsque, vers le xvii[e] siècle, le public fut admis à confier sa correspondance privée aux courriers de l'État. La poste aux chevaux a disparu progressivement au fur et à mesure de la construction des chemins de fer ; par contre la poste aux lettres, appelée plus simplement *la poste*, a pris une extension considérable et est devenue l'auxiliaire indispensable des relations sociales.

Dès que les peuples furent constitués en sociétés, puis en États, on ressentit le besoin d'établir des moyens de communication, pour la transmission rapide des ordres, des renseignements, etc., émanant ou à destination du pouvoir central, et l'on retrouve des traces d'une organisation semblable dans l'histoire de l'Égypte antique. Il semble que les premiers messagers

employés furent les pigeons voyageurs, et l'on croit que Salomon employait ce moyen de communication pour transmettre ses ordres dans les différentes parties de son royaume.

D'après Xénophon, la première institution de relais de poste aurait été faite par Cyrus, 500 ans avant Jésus-Christ; Hérodote confirme qu'avant de partir en guerre contre les Scythes, Cyrus avait organisé des stations ou relais, qui devaient lui permettre de rester en correspondance constante avec sa capitale; le même auteur mentionne l'extension donnée par les successeurs de Cyrus à ce mode de communication, et indique que la capitale de l'empire des Perses était reliée à la mer Égée par une ligne de 111 stations séparées les unes des autres par une journée de chemin; enfin, il indique que c'est à l'aide de courriers ainsi établis que Xerxès fit connaître en Perse sa défaite de Salamine. L'existence de cette organisation est également mentionnée par Aristote.

Certains auteurs chinois croient qu'un service de courriers aurait existé, dans le céleste Empire, plusieurs siècles avant notre ère, mais on ne trouve aucune indication sur l'organisation de ce service.

La Grèce antique ne semble pas avoir eu d'institution de courriers; cela tient sans doute au peu d'étendue des nombreuses républiques qui la constituaient; on sait seulement que les particuliers échangeaient leurs correspondances en les confiant à des esclaves ou à des amis.

La *course publique* des Romains, mentionnée plus haut, était devenue nécessaire par suite du développement prodigieux de l'empire; elle fut facilitée par l'admirable réseau de routes rayonnant du Forum jusqu'aux frontières. Toutefois, son emploi était réservé au gouvernement et à un petit nombre de personnages privilégiés. Les particuliers en étaient exclus et devaient recourir à des entreprises privées; celles-ci n'offraient sans doute pas toutes les garanties désirables car elles ne semblent pas avoir pris une grande extension, même aux époques où la prospérité de l'empire a atteint son apogée.

D'après Tite-Live, la course publique aurait fonctionné, sous

la République, 500 ans avant notre ère, mais elle devait, à cette époque, consister surtout en réquisitions de moyens de transport, d'abord accidentelles, puis à peu près permanentes, exercées sur les communes, sans constituer cependant un service régulier. Il semble que la fondation de celui-ci doive être attribuée à Auguste (30 ans avant J.-C.).

Auguste fit tout d'abord installer des stations, entre lesquelles circulaient à pied des jeunes gens porteurs de paquets; ceux-ci étaient placés sous la surveillance d'un *surintendant des grands chemins*; un peu plus tard, pour remédier à la lenteur de ce mode d'acheminement, il munit les relais soit de chevaux de selle pour les courriers isolés, soit de chars traînés par huit ou dix mules, soit encore, suivant la topographie des lieux, des bœufs ou des chameaux; ses successeurs continuèrent son œuvre et Pline parle de courriers ayant fait jusqu'à trente-six lieues en un seul jour. L'institution, tombée en décadence à partir du règne de Caligula, ne reprit son essor que sous Vespasien et Titus, et, si elle subit inévitablement la répercussion des vicissitudes politiques et des soubresauts de la décadence romaine, elle continua à se perfectionner jusqu'à l'époque des invasions des barbares germains, Goths, Wisigoths et Vandales : lorsqu'en 476, la prise de Rome mit fin à l'empire d'Occident, le service des Postes disparut à peu près complètement et on ne retrouve de trace d'organisation réelle qu'au IXe siècle.

La poste en France jusqu'à Louis XI.

Lorsque les Francs envahirent les Gaules, ils trouvèrent des vestiges de l'ancienne course publique, et tentèrent de la reconstituer; mais les rois fainéants l'abandonnèrent à la faiblesse et à l'incurie; les routes romaines, n'étant plus entretenues, devinrent bientôt impraticables; les relais disparurent peu à peu et la poste faillit retomber dans un oubli complet.

A la fin du VIIIe siècle, Charlemagne, pour se renseigner sur l'état de son vaste empire, envoyait ses *Missi Dominici* en parcourir les différentes parties pour surveiller, à la fois, les Saxons,

les Lombards, les Musulmans, groupés sous son sceptre ; mais ce mode d'information était lent et insuffisant : il fit alors réparer les anciennes voies romaines d'Allemagne, d'Italie et d'Espagne, et établir, en 807, un service de courriers avec chacune des provinces ; les courriers partaient d'Auxerre et se rendaient en Italie, par Autun, Lyon et le Saint-Bernard ; en Allemagne, par Paris et Aix-la-Chapelle ; en Espagne, par Nevers et Limoges, etc. ; l'une de ses lois, ou *capitulaires*, astreignait les seigneurs percevant péage à assurer la sécurité des routes depuis le lever du soleil jusqu'à son coucher.

Après la mort de Charlemagne, par suite du morcellement de l'empire, des invasions de barbares et de l'établissement de la féodalité, l'institution tomba de nouveau en décadence et, jusqu'à Louis XI, les rois de France n'expédièrent que des courriers irréguliers ; l'affaiblissement du pouvoir royal, constamment en lutte avec les seigneurs féodaux, le mauvais état des routes, leur manque de sécurité et enfin les innombrables péages seigneuriaux rendaient à peu près impossibles des relations quelque peu suivies entre les provinces, et, seuls, quelques grands órdres monastiques, possédant des établissements dans différentes régions, entretenaient des relations à peu près régulières avec ceux-ci ; peu à peu, cependant, des commerçants, des artisans, que leur profession astreignait à de fréquents déplacements, se chargèrent de transporter et d'assurer la remise des lettres et de divers objets émanant et à destination de particuliers.

Sous Philippe-Auguste, des réformes profondes avaient été apportées à l'organisation générale du royaume, Paris redevenait réellement le centre, la capitale de la France, l'Université de Paris recevait de plus en plus d'étudiants de la province et même de l'étranger, ce qui fit naître un nouveau et impérieux besoin de communications régulières et sûres. C'est dans ces conditions, qu'en 1230, l'Université de Paris fut autorisée par saint Louis à fonder des *offices de messagers* chargés d'assurer les relations entre les étudiants et leurs familles, c'est-à-dire porter les lettres des premiers et rapporter les réponses, ainsi que l'argent, les hardes, etc., qui pouvaient les accompagner.

Les messagers de l'Université circulèrent tout d'abord à pied, puis ils firent usage de différents moyens de transport, tels que chevaux, ânes, voitures, bateaux, etc. ; ils se chargèrent bientôt des correspondances des particuliers, puis transportèrent les marchandises et les voyageurs ; le 28 février 1296, puis le 18 août 1297, Philippe le Bel leur conféra, par lettres patentes, divers privilèges, tels que l'exemption des droits de péage sur les routes et à l'entrée des villes « à la condition qu'ils n'usent ni de fraude ni de ruse dans l'accomplissement de leurs fonctions » ; l'institution se développa progressivement et, par ordònnance du 11 janvier 1383, Charles VI autorisa l'Université de Paris à entretenir un messager dans chaque diocèse, en France et à l'étranger.

Le roi avait des courriers spéciaux pour transmettre ses ordres dans les diverses provinces; mais ces courriers royaux, ne circulant que par intermittences, n'avaient pas de relais fixes; ils se bornaient à réquisitionner les chevaux qu'ils pouvaient trouver ; cette pratique, imitée d'ailleurs par les messagers particuliers, donnait lieu à des abus, ce qui avait amené saint Louis à réglementer, en décembre 1254, le droit de réquisition et à le réserver exclusivement aux courriers royaux ; cette ordonnance fut complétée, le 11 février 1318, par Philippe V, dit Le Long, qui employa pour la première fois le nom de *chevaucheurs* pour désigner les courriers.

Louis XI, en lutte continuelle avec ses grands vassaux, menacé gravement par la *Ligue du Bien public*, ressentit tout particulièrement le besoin de moyens d'informations rapides; dès le début de son règne, il entreprit d'organiser un service régulier de courriers et, à ce titre, est considéré comme le fondateur de la Poste en France, bien que le service créé par lui fût tout d'abord réservé à son usage exclusif ; par son édit du 19 juin 1464, inspiré tout à la fois par l'institution des messagers de l'Université et par les postes antiques, notamment celles des Romains, il ordonna l'établissement de relais, placés sur les grandes routes, de quatre en quatre lieues, et comportant chacun au moins quatre ou cinq chevaux « bien harnachés

et propres à courir le galop durant le chemin de leur traite » ; des cavaliers, dénommés *Maîtres coureurs*, et qu'on appela plus tard *Maîtres de Poste*, étaient chargés de fournir des chevaux aux courriers du roi « et à nul autre, à peine de la vie » ; il leur attribuait la somme, très élevée pour l'époque, de dix sols par cheval et par étape de quatre lieues ; les Maîtres coureurs devaient, en outre, porter gratuitement les dépêches expédiées pour le service du roi ; dans quelques villes de l'intérieur et sur les frontières étaient placés des Commis, chargés de surveiller les courriers, de leur délivrer des passeports, de prendre connaissance des dépêches et de s'assurer qu'elles ne contenaient rien de contraire au service du roi ; enfin, un officier attaché à la personne du souverain et revêtu du titre de *Grand Maître des Coureurs de France*, dirigeait et surveillait le service, nommait ou destituait les Maîtres coureurs et les Commis, etc.

En 1479, Louis XI nomma un *Contrôleur des Chevaucheurs* dont les attributions, d'abord distinctes de celle du Grand Maître des Coureurs, furent peu après fondues en un seul emploi.

Vers la même époque, sous le règne de Frédéric III, le premier service de relais fut établi en Allemagne entre le Tyrol et la Styrie, puis, en 1504, entre Bruxelles et Wien ; ces deux organisations furent réalisées respectivement par Roger et François de Taxis, dont les descendants continuèrent l'œuvre en Allemagne, aux Pays-Bas, en Espagne et en Italie ; ils conservèrent le monopole des Postes dans plusieurs États allemands jusqu'en 1867, époque à laquelle ils le vendirent à la poste prussienne.

De Louis XI a Richelieu.

Pendant cette période, qui s'étend de 1464 à 1622, la poste fut, tout d'abord, une institution purement gouvernementale ; toutefois les courriers ne tardèrent pas à se charger officieusement de la correspondance privée ; cette situation fut régularisée, en 1481, par Louis XI, qui permit aux particuliers de faire transporter leur correspondance par les chevaucheurs royaux. Ceux-ci assurèrent peu à peu le transport des marchandises, des valeurs

et des voyageurs, concurremment avec une catégorie spéciale de courriers, dénommés messagers royaux, exclusivement chargés du transport des pièces de procédure adressées par les tribunaux inférieurs aux parlements.

Une concurrence s'établit ainsi entre la poste royale et l'organisation des messagers de l'Université ; la lutte inégale qui s'engagea dès lors devait amener l'absorption de cette dernière, c'est ainsi qu'une première restriction fut apportée par une ordonnance de Charles VIII, en date du 3 mars 1489, ce monarque trouvant que les courriers de l'Université « se multipliaient de façon exagérée », en limita le nombre à 1 par diocèse de pays étrangers « dont il y aura des escholiers à Paris ».

Henri III, sans attaquer de front l'Université, s'efforça de la ruiner, au point de vue postal, par diverses mesures, telles que l'édit du 15 octobre 1576, créant, dans chaque ville de France, deux messagers royaux pour porter les pièces de procédure, sous le prétexte d'alléger le service des messagers de l'Université, mais en réalité, pour enlever à celle-ci une source importante de recettes.

Un édit de Henri III, daté de novembre 1576, établit le premier tarif, applicable aux lettres privées, transportées dans le ressort d'un même Parlement ; quant aux marchandises, monnaies, valeurs, etc., le prix de leur transport continuait à être débattu de gré à gré.

Henri IV donna une grande extension au service de la Poste, qui s'était trouvé peu à peu désorganisé par suite des guerres intestines et de la réquisition des chevaux par les troupes ; ce service devint bientôt une source de revenus pour le trésor royal, grâce à la vente des offices. Par son édit du 8 mai 1597, Henri IV avait créé deux emplois de *Généraux de relais de louage*. Les chevaux entretenus dans ces relais étaient distincts de ceux de la Poste ; en considération des pertes « résultant des troubles passés », les particuliers pouvaient les louer soit pour voyager, soit encore pour les travaux des champs ; un tarif, établi par le roi, déterminait les prix de louage et enjoignait aux bénéficiaires de ne les mener qu'au trot et au pas, sous peine de dix écus d'amende.

Cette institution ne donna pas les résultats attendus ; les courriers étrangers, en particulier, abandonnèrent la Poste pour recourir aux chevaux de louage, pour lesquels les tarifs étaient moins élevés, et, par surcroît, ils échappaient plus facilement à la surveillance de la police royale ; pour remédier à cet abus, Henri IV rattacha, le 3 août 1602, le service des relais de louage à celui de la Poste. Celui-ci trouva là un appoint considérable, dans l'apport des chevaux amenés par le premier, et put prendre, de ce fait, une extension nouvelle.

Par lettres patentes de janvier 1608, Henri IV substitua au titre de Contrôleur général des Postes, celui de *Général des Postes de France* et, par d'autres lettres du 23 juillet 1609, lui attribua de hautes prérogatives, notamment le droit exclusif de juridiction sur les officiers des Postes ; ces pouvoirs furent confirmés par lettres patentes de Louis XIII, le 25 février 1622. D'autre part, les privilèges des coureurs furent augmentés et ils purent, notamment, tenir hôtellerie sans avoir de redevance à payer. Enfin, un arrêt du Conseil d'État, en date du 15 décembre 1622, interdit à qui que ce soit de louer des chevaux sans l'autorisation du Général des Postes ; l'année suivante, l'ordonnance royale du 13 décembre 1623 confirmait cet arrêt, en spécifiant que la première infraction entraînerait une amende de 500 écus, et que, dans le cas de récidive, le délinquant serait puni « de façon exemplaire » ; en outre, la même ordonnance astreignait les étrangers pénétrant en France à s'adresser au premier Maître de Postes placé sur leur route, pour se faire conduire à leur destination, à moins qu'ils ne fussent munis d'un passeport émanant du Roi, d'un Lieutenant général de province, du Général des Postes ou de l'un de ses Commis.

De Richelieu a la Révolution.

Jusqu'à l'arrivée de Richelieu au pouvoir, les courriers n'étaient mis en route que suivant les besoins de la Cour. Le cardinal entreprit de leur donner une organisation régulière, et bientôt ils partirent et arrivèrent à jour fixe ; en outre, Richelieu

avait nettement pressenti que la Poste ne devait pas être seulement un instrument de pouvoir et que, judicieusement mise à la portée de tous, elle devait non seulement couvrir ses frais, mais encore créer une importante source de revenus ; aussi par les facilités qu'il accorda aux particuliers, par les services nouveaux qu'il organisa, la Poste devint-elle, sous son administration, un véritable service public ; des bureaux furent créés dans les différentes villes, avec un personnel de *Commis* préposés à la réception et à la distribution des lettres et paquets.

Le prix du port des lettres était jusque là débattu entre les particuliers et les courriers, et tendait de plus en plus à revêtir plutôt le caractère d'un pourboire que celui d'une taxe. Le règlement du 16 octobre 1627 établit le premier tarif officiel des taxes exclusivement perçues par les Commis ; il fixait, en outre, les conditions du transport des monnaies, bijoux et valeurs de toutes sortes ; c'est là, en un mot, la création du service des *articles d'argent*.

Un édit signé de Louis XIII, en janvier 1629, ordonnait aux Gouverneurs de provinces, aux Lieutenants généraux, etc., de ne plus faire usage de courriers particuliers pour leur correspondance officielle et de confier celle-ci à la Poste ; cette correspondance était inscrite sur un registre spécial et accompagnée d'un bordereau descriptif ; elle voyageait sous la responsabilité des Maîtres de Poste ; ces formalités n'étaient autres que celles du *chargement*, qui furent précisées plus tard notamment par les décrets du 23 juillet 1790.

Les commodités et la sécurité offertes au public amenèrent une rapide augmentation du trafic et, par voie de conséquence, la multiplication des lignes de relais ; par suite de cette extension, le Général des Postes n'avait plus la possibilité d'exercer partout son autorité et les abus ou les irrégularités devinrent de plus en plus fréquents. Pour y mettre un terme, Louis XIII, par son édit du 31 décembre 1629, supprima la charge de Général des Postes et créa trois charges de *Surintendants généraux des Postes et Relais de France* ; quelques mois plus tard, le 18 mai 1630, il divisa la France en vingt circonscriptions postales et

plaça, à la tête de chacune d'elles, des *Contrôleurs provinciaux*, dont les attributions sont comparables à celles des Directeurs départementaux actuels ; c'était le premier pas vers la décentralisation de la direction et de la surveillance des Postes.

Le service postal avec l'étranger fut créé par le même édit, qui nomma un *Maître des courriers étrangers*, seul qualifié pour nommer et surveiller les Commis des bureaux-frontières où devait se faire l'échange des correspondances avec l'étranger.

Afin d'éviter les envois clandestins d'objets de valeur inclus dans les lettres ordinaires ou encore confiés, de la main à la main, aux courriers, qui en assuraient la remise à leur propre bénéfice, une ordonnance, en date du 23 mars 1632, créa les *valeurs cotées*, en autorisant les particuliers à confier à la Poste des matières précieuses, déposées à découvert entre les mains des officiers des Postes, qui les inscrivaient sur un registre et en demeuraient responsables. Les valeurs non soumises à cette formalité étaient confisquées si on les découvrait.

Vers la même époque, Richelieu institua le service des Messageries pour le transport des personnes et des colis. Les *Messagers royaux* furent autorisés, par arrêt du 16 août 1634, à transporter ainsi « toutes sortes de personnes » sauf les étrangers se rendant à la Cour ; ceux-ci, sans doute par mesure de police, ne pouvaient être admis que par les courriers de la Poste.

La dernière mesure prise par Richelieu, en ce qui concerne la Poste, fut l'ordonnance du 12 mai 1637, réprimant les abus commis par les agents non qualifiés des ambassades étrangères, qui expédiaient en franchise, non seulement leur correspondance privée, mais encore celle des particuliers. A la mort du Cardinal, le 4 décembre 1642, les différents services postaux avaient pris un développement considérable, pour le plus grand bien des relations économiques et commerciales.

La première partie du règne de Louis XIV fut la continuation de cette période de prospérité et de progrès. Le nombre des relais et des bureaux de Poste avait augmenté dans de telles proportions que le personnel des Commis, chargés de la réception des courriers et de la taxe des lettres, ne pouvait plus suf-

fire à la besogne ; il en résultait fréquemment des erreurs et des taxations arbitraires. D'autre part, la surveillance exercée par les Contrôleurs provinciaux devenait de moins en moins efficace au fur et à mesure de la multiplication des lignes de relais et des bureaux. Pour améliorer cette situation, l'édit du 3 décembre 1643, créa, dans tous les bureaux de Poste et de Messageries, trois offices héréditaires de *Contrôleurs-taxeurs et peseurs de lettres et paquets*, chargés d'appliquer les taxes, de surveiller le service, de recevoir les plaintes du public, etc. ; comme conséquence de cette mesure, un second édit, publié deux jours plus tard, dépossédait de leurs privilèges les courriers de l'Université de Paris, ainsi que tous les autres messagers ressortissant à des entreprises particulières, réservant ainsi à la Poste le *monopole* absolu du transport des correspondances privées de toutes sortes.

En 1653, M. de Velayer, Maître des requêtes, entreprit de combler une lacune que présentait le service postal : il créa la *petite Poste* pour assurer la distribution des lettres à l'intérieur de Paris. Il obtint du roi le privilège de cette institution, et fit placer, dans les différents quartiers de la ville, des boîtes destinées à recevoir les correspondances ; des agents de l'entreprise ouvraient ces boîtes trois fois par jour et acheminaient les correspondances qu'ils y trouvaient. Chaque lettre devait être accompagnée d'un *billet de port payé*, qu'on achetait, au préalable, pour *un sol tapé*, au Palais, chez les tourières des couvents, les portiers des écoles, etc. ; on pouvait insérer dans la lettre un billet semblable pour l'affranchissement de la réponse.

Ce mode facile d'acquittement de la taxe est considéré comme le précurseur du *timbre-poste*, bien que celui-ci ne soit entré dans la pratique qu'au commencement du XIX[e] siècle. Il en sera reparlé dans un autre chapitre.

Le service de la petite Poste commença à fonctionner le 28 août 1653, mais il n'obtint pas le succès qu'on aurait pu attendre : la ville était loin d'avoir l'étendue d'aujourd'hui, l'aristocratie, les gens d'affaires étaient habitués à faire porter leurs correspondances par leurs valets qui pouvaient même rapporter

la réponse ; le reste de la population, qui comprenait une forte proportion d'illettrés, écrivait peu. Une autre raison éloignait les clients possibles de la petite Poste : les boîtes étaient exposées aux facéties des mauvais plaisants ; les lettres arrivaient souvent humides ou détériorées, parfois même souillées et malodorantes, et le billet le plus doux perdait toute espèce de charme... Pour toutes ces raisons, l'entreprise périclita et disparut bientôt. Elle ne fut reprise que cent ans plus tard, comme on le verra plus loin.

Louvois fut nommé, en 1668, Surintendant général des Courriers, Postes et chevaux de louage. L'un des actes les plus importants du début de son administration fut la mise en ferme du service des Postes : par déclaration royale, en date du 15 mars 1672, Lazare Patin était reconnu *Fermier général des Postes du royaume* ; un bail d'une durée de onze années lui était consenti, moyennant une redevance annuelle de 1.200.000 francs ; un arrêt du Conseil d'État, du 7 décembre 1673, confirma et précisa le monopole exclusif réservé au Fermier général. Cependant, jusque là, les messagers royaux continuaient leur office spécial et, en outre, se chargeaient fréquemment du transport clandestin de correspondances privées ; un arrêt du Conseil d'État, de novembre 1667, n'avait pas apporté grand remède à cette situation ; enfin en 1674, les offices de messagers royaux furent rattachés à la ferme générale des Postes, et les messageries continuèrent à être exploitées au profit de l'État, tantôt conjointement avec la Poste, tantôt séparément, jusqu'à la loi du 9 vendémiaire an VI, dont il sera question plus loin.

D'autre part, les services particuliers de courriers, que les seigneurs avaient organisés sur les terres de leur apanage, rentrèrent progressivement dans le service général, moyennant indemnité versée aux intéressés.

Malgré tous les privilèges accordés au Fermier général, la Poste ne progressa que lentement sous le régime de la Ferme : les titulaires étaient beaucoup plus préoccupés de faire fortune, dans le temps que leur accordait leur bail, que d'apporter des améliorations ou des perfectionnements au service qui leur était

confié. C'est ainsi que l'un des premiers soucis de Lazare Patin fut de demander un nouveau tarif comportant un relèvement sensible des taxes ; ce tarif, approuvé par Louvois et sanctionné par le roi, entra en vigueur le 11 avril 1676.

Malgré l'augmentation de bénéfices que lui apportait ce tarif, le fermier voulut les accroître encore en réduisant le plus possible les émoluments de ses agents ; ceux-ci, pour se dédommager, se livraient à la fraude ; les courriers, notamment, dès qu'ils avaient quitté le bureau, acceptaient les correspondances, les colis et même les voyageurs, s'abstenaient de les déclarer et empochaient les taxes. Il en résultait un préjudice, tout à la fois, pour le fermier, qui se trouvait frustré d'une partie de ses recettes, et pour les Maîtres de poste, dont les chevaux étaient surchargés et fatigués souvent au delà de toute mesure. D'autre part, il faut reconnaître que des rouliers, muletiers, piétons, transportaient fréquemment, pour leur profit personnel, des correspondances privées de toutes sortes.

Lazare Patin éleva de vives plaintes à ce sujet et Louvois tenta de réprimer ces abus : un arrêt du Conseil d'État, daté du 18 juin 1681, édictait les peines les plus sévères à l'égard des contrevenants. Une amende de 300 livres, « qui ne pouvait être remise ni modérée pour quelque cause que ce soit », était infligée au transporteur ; cette amende était partagée, en parties égales, entre le dénonciateur, le fermier et l'hôpital du lieu où la contravention avait été découverte ; le fouet et la marque du lys punissaient les insolvables et même une amende, payable sur-le-champ, frappait les voyageurs utilisant d'autres moyens de transport que ceux de la poste ; la marque du lys et les galères étaient infligées aux courriers de la Ferme qui transportaient clandestinement des objets passibles de la taxe et non déclarés. Lazare Patin recevait, de plus, le droit de « faire visiter par ses « procureurs, commis et préposés, les coches, carrosses, litières, « paniers, valises, bateaux, etc., pour s'assurer qu'ils ne con- « tenaient pas de lettres transportées en violation du monopole ». Ces mesures n'arrêtèrent pas complètement la fraude, que l'élévation des tarifs rendait trop alléchante ; néanmoins le monopole

ainsi défendu donna des revenus de plus en plus grands, et l'on vit, à chaque renouvellement du bail, le prix du fermage s'élever rapidement, passant de 1.200.000 francs en 1672 à 3.500.000 en 1712.

Le service international fut également amélioré : c'est ainsi qu'en 1692, on expédiait chaque semaine deux courriers pour Londres, un pour Rome, qui correspondait avec Naples, Malte et Constantinople, un pour Genève, avec correspondance vers la Suisse et les États de Venise. Les relations avec l'Espagne et les pays du nord étaient assurées par un courrier allant d'Espagne en Flandre, tous les 15 jours, etc., etc.

Après Louvois et Colbert, la poste connut, de nouveau, de mauvais jours : les opérations financières de Law ruinaient la France, la guerre, la peste de Marseille, la sécheresse de 1723, avaient engendré une misère générale, à laquelle le gouvernement du Régent était impuissant à remédier. Les Maîtres de poste, ne pouvant plus nourrir leurs chevaux, cherchaient à se défaire de leurs charges ; les courriers, au lieu de conduire les malles eux-mêmes, les confiaient au premier venu ; les agents de tout grade négligeaient le service, laissaient les correspondances en souffrance dans les bureaux ou se livraient à la fraude, malgré une recrudescence de sévérité en cas de délit constaté ; par exemple, un courrier fut condamné à neuf ans de galères et à la marque du lys pour avoir transporté, sans déclaration, des articles d'argent.

C'est dans ces conditions que le cardinal Fleury, assuma, en 1726, la direction de la Surintendance des postes ; il entreprit aussitôt de rétablir l'ordre et la clarté dans le service et dans la comptabilité ; il assura la rapidité des courriers par son ordonnance du 8 novembre 1728, en édictant des mesures sévères contre ceux qui confiaient les malles « à des muletiers ou à des enfants conduisant des bourriques » : le 17 décembre de la même année, une nouvelle ordonnance réprimait les négligences et les fraudes de « tous courriers et va-de-pieds de la ferme des postes ». Les envois de correspondances, les réceptions, les articles d'argent, furent inscrits sur des registres spéciaux, et les

écritures d'un bureau contrôlaient celles d'un autre ; enfin, il créa de nouveaux courriers, passa des traités avec divers pays étrangers ; en un mot, grâce à une réorganisation patiente et à des perfectionnements constants, le service de la poste reprit d'année en année un nouvel essor.

Le *service des rebuts* fut créé par la circulaire du 3 mars 1749 ; il fut décidé que toutes les lettres qui, pour insuffisance ou inexactitude de l'adresse ou pour toute autre cause, n'auraient pu être remises au destinataire, seraient renvoyées au bout de trois mois à leurs bureaux d'origine, où les expéditeurs pourraient aller les réclamer et, éventuellement, rectifier l'adresse : en outre, les contrôleurs provinciaux devaient s'assurer que les Directeurs de bureaux dressaient périodiquement un état des articles d'argent non payés.

Le premier *dictionnaire des Postes* parut en 1754 ; il contenait le nom de « toutes les villes, bourgs, paroisses et abbayes et « principaux châteaux du royaume de France et du duché de « Lorraine ».

Jusqu'à cette époque, la poste se chargeait du transport des lettres d'une ville à l'autre, mais depuis l'essai infructueux de Velayer, en 1653 (v. p. 438) aucun service n'existait à l'intérieur des villes elles-mêmes.

L'idée de la petite poste avait été reprise en Angleterre, en 1680, par un négociant nommé Dockwra ; le service qu'il organisa à Londres, à ses frais, risques et périls, donna d'excellents résultats. Il en fut d'ailleurs dépouillé, peu de temps après, par le duc d'York, qui le rattacha à la Poste générale.

Charles-Humbert Piarron de Chamousset, conseiller-maître à la Chambre des Comptes, obtint, par lettres patentes du 5 mars 1758, l'autorisation d'assurer la remise des lettres de Paris pour Paris ; la *petite poste* de Chamousset fut inaugurée le 9 juin 1760 et prit rapidement une grande extension.

Paris fut divisé en neuf quartiers, desservis chacun par un bureau de distribution ; le port d'une lettre coûtait deux sols pour la ville et trois sols pour les villages de la banlieue. On pouvait faire faire ses visites de bonne année par un employé vêtu de

noir et l'épée au côté! cela ne coûtait que deux sols par visite. En 1780, le service de la petite poste et les organisations similaires, qui avaient été fondées dans différentes villes de province, furent rattachées à la Ferme générale des postes. Mais, plus heureux que l'anglais Dockwra, Chamousset obtint une rente viagère de 25.000 livres.

Entre temps, de notables améliorations avaient été apportées au service postal, notamment en ce qui concerne les relations avec l'étranger ; en 1788, un courrier quotidien partait de Paris pour Bruxelles, Anvers, le Brabant et le Hainaut autrichien ; d'autres étaient mis en route pour Wien, la Bohême, la Hongrie, 6 fois par semaine ; pour Berlin et pour Genève 4 fois ; pour le duché du Luxembourg, 3 fois ; pour l'Angleterre et pour l'Espagne 2 fois par semaine.

De la Révolution a 1870.

La Révolution apporta de profonds changements dans l'organisation du service des Postes, l'Assemblée Constituante supprima, tout d'abord, les privilèges des Maîtres de Poste et leur attribua, en échange, une indemnité annuelle ; en outre, par décret du 16 août 1790, l'Assemblée, qui avait supprimé tous les intermédiaires et mis tous les impôts en régie, appliqua à la Ferme des Postes le régime commun ; elle décida que le bail qui expirait le 31 décembre 1791 ne serait pas renouvelé, et qu'à partir du 1er janvier 1792, les Administrations de la poste aux lettres, de la poste aux chevaux et des Messageries, tout en continuant à être séparées quant à l'exploitation, devraient se prêter un mutuel et constant appui, et, dans ce but, seraient placées sous l'autorité commune d'un *Commissaire des Postes* nommé par le Roi, assisté de cinq Administrateurs non intéressés dans les produits.

Le même décret instituait le principe de *l'inviolabilité du secret des lettres*, édictait les peines à appliquer aux particuliers ou aux agents de l'autorité qui se rendraient coupables de contravention à ce principe; il astreignait le Commissaire des postes,

les Administrateurs et les employés de tous grades à *prêter serment*, entre les mains du Roi, « de garder et observer fidèlement « la foi due au secret des lettres, et de dénoncer aux tribunaux « toutes les contraventions qui pourraient avoir lieu et qui par-« viendraient à leur connaissance ».

Dans le même esprit d'équité, le service des rebuts reçut une modification importante : jusqu'à cette époque, les correspondances non distribuées étaient examinées par un seul fonctionnaire, qui jugeait si elles devaient être retournées à l'expéditeur ou simplement brûlées : un grand nombre de lettres se trouvaient ainsi arbitrairement détruites. Le 24 novembre 1790, il fut décidé que trois agents au moins participeraient au dépouillement des lettres tombées en rebut, et que celles-ci ne seraient détruites que dans le cas d'impossibilité de réexpédition.

L'Assemblée nationale, par décret du 17 août 1791, établit un nouveau tarif du transport des lettres et valeurs ; elle décida, en outre, que les taxes seraient payées comptant, et que le destinataire serait libre de refuser toute lettre ou paquet « avant de l'avoir décacheté ». Jusque là, en effet, on ne distribuait plus les correspondances à tout destinataire qui en avait refusé une et, le cas échéant, on percevait sur l'expéditeur la moitié de la taxe due.

Un décret du 26 septembre 1792 attribuait au peuple la nomination des contrôleurs et des directeurs des postes. Sur une protestation, formulée dès le lendemain par Roland, ministre de l'Intérieur, qui craignait que cette mesure fût de nature à détruire la subordination de ces fonctionnaires envers l'Administration centrale, la Convention ordonna la suspension de ce décret, puis, le 8 octobre suivant, en rendit un second, aux termes duquel les Directeurs devaient être réélus par les Assemblées électorales de districts.

Le 8 mars 1793, la Convention décrétait que les Directeurs seraient astreints, un mois après leur élection, à verser un *cautionnement* d'une valeur égale au cinquième du produit net annuel des recettes de chaque bureau ; ce cautionnement devait être constitué en biens-fonds ou en immeubles. Le lendemain,

9 mars, la Convention décida d'exempter les agents des postes de toutes charges civiques, afin d'assurer la régularité de leur service; par contre, le 17 septembre de la même année, elle décréta que ceux d'entre eux qui, âgés de 18 à 25 ans, devaient être appelés aux Armées, seraient remplacés par leurs parents.

La première *Instruction générale* fut publiée le 26 octobre 1792; on y trouve les détails de l'organisation de l'Administration, telle que fonctionnait à ce jour, ainsi que les lois, décrets et règlements relatifs à l'exécution des différentes branches du service.

Les 23 et 24 juillet 1793, deux décrets de la Convention placèrent la Régie des Postes et des Messageries sous la direction d'un Conseil de neuf Administrateurs élus par elle, et renouvelable tous les trois ans.

Malgré de nombreux remaniements de tarifs, l'exploitation en régie était très loin de donner, au point de vue financier, tous les résultats qu'on en avait attendus: des sommes assez considérables avaient été consacrées à l'amélioration des services, mais le déficit provenait, pour une part importante, des troubles de la période révolutionnaire et de la perturbation économique résultant de la dépréciation constante du papier monnaie. Une amélioration sensible se manifesta, en l'an V (1796), lors de la réapparition de la monnaie métallique, et le déficit fit place à un bénéfice de 4.900.000 francs environ.

Ce résultat sembla encore maigre, eu égard aux besoins financiers, et, dans l'espoir de retrouver les gros bénéfices de la période qui avait précédé la Révolution, la loi de finances du 9 vendémiaire an VI (30 septembre 1797) remit en ferme l'exploitation de la Poste. La redevance annuelle était fixée à 10 millions, plus le partage de l'excédent des bénéfices; un cautionnement de 3 millions, en immeubles, était en outre imposé au fermier. Par contre, la loi précitée supprimait l'usage du contre-seing et de la franchise, avec tous les abus qu'ils entraînaient; les fonctionnaires ainsi privés recevaient une indemnité; ces dispositions furent confirmées par l'arrêté du 27 vendémiaire an VI (18 oc-

tobre 1797). Mais le Corps Législatif ayant refusé le rétablissement du tarif de 1759, les bénéfices de la première année ne dépassèrent guère 8 millions, et le fermier demanda la résiliation de son bail.

La loi du 25 frimaire an VIII (16 décembre 1799) la lui accorda et rétablit une Régie intéressée, dirigée par cinq Administrateurs, sous la surveillance d'un Commissaire du Gouvernement. Un nouveau tarif des taxes entrait en vigueur en même temps que la nouvelle organisation. Cette dernière fut d'ailleurs modifiée peu de temps après, par la loi du 14 nivose an VIII (4 janvier 1800), qui confia la direction de l'Administration à un Commissaire-président et trois Administrateurs. Enfin, un arrêté consulaire du 28 ventôse an XII (19 mars 1804), érigea l'Administration des Postes en *Direction générale*, placée immédiatement sous le contrôle du Ministre des Finances.

L'une des premières créations de l'Empire fut celle des *estafettes* ou postillons à cheval qui, porteurs de dépêches particulièrement importantes, se les transmettaient de relais en relais ; un service quotidien de ce genre fut organisé par le décret du 27 thermidor an XIII (15 août 1805), puis entre Paris et Strasbourg (19 septembre 1805), entre Alexandrie et Naples (7 avril 1806), etc., etc.

Jusqu'à cette époque, les envois d'argent s'effectuaient par le transport matériel des fonds déposés à découvert ; cette pratique, outre qu'elle occasionnait une surcharge et une responsabilité pour les courriers, excitait la cupidité des malfaiteurs, et de nombreux vols à main armée avaient eu lieu depuis l'origine de ce mode de transmission. Un arrêté du 24 février 1817 créa le *mandat-poste*, c'est-à-dire « une reconnaissance délivrée au déposant pour être envoyée par lui au destinataire » ; un bulletin de dépôt, remis en même temps que la reconnaissance, restait entre les mains de l'expéditeur. La taxe perçue était de 5 °/ₒ sur la somme nette à envoyer, plus un droit fixe de 35 centimes pour le timbre de la reconnaissance. Le même règlement réorganisa le service des valeurs cotées qui furent taxées à raison de 5 °/ₒ de l'estimation de l'expéditeur, et établit nettement la responsabilité de l'Administration en cas de perte.

Une ordonnance du 18 février 1827 simplifia les rapports entre les bureaux de poste et la Cour des Comptes : jusque là, cette dernière recevait directement la comptabilité de chaque Directeur de bureau (receveur) ; la dite ordonnance plaça, dans chaque département, un *Directeur-comptable*, chargé de centraliser la comptabilité des autres Directeurs, et seul en relation avec la Cour des Comptes. Cette innovation donna lieu, par la suite, à la catégorie des *Receveurs principaux*.

Les *lettres recommandées* furent créées par l'ordonnance du 11 janvier 1829, mais à destination de Paris seulement; à l'encontre des *lettres chargées*, qui acquittaient double taxe, les lettres recommandées ne payaient que la taxe ordinaire ; par contre, en cas de pertes, elles ne donnaient droit à aucune indemnité : l'ordonnance du 21 juillet 1844 étendit à tout le territoire l'usage des lettres recommandées et fixa à 10 centimes la surtaxe de distribution pour celles qui n'étaient pas adressées poste restante : supprimées par la loi du 20 mai 1854, elles furent rétablies, par celle du 25 janvier 1873.

L'année 1830 est marquée par une importante réforme touchant la distribution des lettres : les grands bureaux et la banlieue de Paris possédaient seuls des facteurs ; partout ailleurs, le public devait prendre et déposer ses lettres au bureau le plus proche. La loi du 3 juin 1829, qui entra en exécution le 1er avril 1830, décida que des distributions et levées de boîtes devaient être faites, au moins un jour sur deux, dans toutes les localités non pourvues d'un bureau de Poste.

La construction progressive du réseau de chemins de fer permit bientôt d'utiliser cette voie plus rapide pour l'acheminement des correspondances ; le premier *bureau ambulant* circula, en 1844, sur la ligne de Paris à Rouen ; les lignes de Valenciennes et de Tours en furent pourvues à leur tour, en 1846. La nouvelle organisation prit un développement rapide : c'est ainsi que le nombre d'agents affectés aux bureaux ambulants était déjà de 786 en 1857 et passait à 850 l'année suivante ; cette progression se poursuivit d'année en année, et l'on vit ainsi disparaître peu à peu les anciennes lignes de la Poste aux lettres par relais de

chevaux. Le service des bureaux ambulants de jour et de nuit fut organisé définitivement par la décision ministérielle du 8 août 1854.

La taxe des lettres avait été établie, jusqu'à cette époque, d'après la distance à franchir ; elle était payable en numéraire au guichet postal ; l'Assemblée Nationale, le 24 août 1848, établit une taxe uniforme de 20 centimes, applicable à partir du 1er janvier 1849, à toutes les lettres dont le poids ne dépassait pas 7 grammes et demi, et quelle que soit leur destination à l'intérieur du territoire. La même loi créait le *timbre poste*, de 20 centimes, 40 centimes et 1 franc, « dont l'apposition sur les lettres suffisait pour en opérer l'affranchissement ». La taxe, qui avait été élevée à 25 centimes par la loi du 18 mai 1850, fut ramenée à 20 centimes par celle du 20 mai 1854 qui, en même temps, porta à 30 centimes celle des lettres non affranchies préalablement ; le 14 octobre 1858, le Ministre des Finances décida que la perception, sur le destinataire, de la taxe des lettres échangées à l'intérieur des villes, serait constatée par l'apposition, par le bureau distributeur, d'un timbre spécial, ou *chiffre-taxe*.

Diverses autres réformes furent encore réalisées pendant cette période : c'est ainsi que la loi du 4 juin 1859 créa les *valeurs déclarées*, en donnant aux expéditeurs la faculté d'assurer les valeurs contenues dans leurs lettres, à la condition d'en faire la déclaration préalable ; cette loi fut complétée plus tard par celles des 24 août 1871 et 25 janvier 1873. Enfin, on doit mentionner encore la réorganisation du service de direction et de contrôle dans les départements, qui fut prescrite par la loi du 29 novembre 1864 : les Inspecteurs départementaux des Postes reçurent le titre de *Directeurs*, et les « directeurs » de bureaux celui de *Receveurs* ; le Conseil d'Administration fut formé d'un Directeur Général et de trois Administrateurs, chargés chacun de la direction de l'une des subdivisions administratives.

(*A suivre.*)

LES TABLES DE RÉCLAMATIONS
DU RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE DE PARIS.

Importance de ce service. — Le service des réclamations dans les bureaux centraux téléphoniques de Paris répond à de réels besoins. Il importe, en effet :

1° de débarrasser les surveillantes de section de ces travaux qui souvent les empêchaient de se consacrer à leur tâche normale, c'est-à-dire à la surveillance des opératrices de la section ;

2° de diriger immédiatement vers un service unique l'abonné qui aurait à se plaindre, pour n'importe quelle raison, du service téléphonique ;

3° de mettre en présence de cet abonné des employées possédant les qualités requises de compétence et d'impartialité de telle sorte que les abonnés prennent l'habitude de recourir d'eux-mêmes et exclusivement à ce service lorsqu'ils ont à présenter leurs réclamations ;

4° de donner immédiatement satisfaction aux réclamants, s'il est possible ;

5° de pouvoir rechercher immédiatement, si elles existent, les responsabilités engagées, les fautes et les erreurs commises ains que de pouvoir effectuer, le plus rapidement possible, la relève des dérangements qu'une réclamation aurait signalés ;

6° de diminuer le nombre de réclamations écrites qui, par suite du retard appréciable avec lequel elles parviennent aux services intéressés ne permettent d'obtenir que très rarement une solution efficace.

Organes de l'installation. — Outre les appareils de réception et de transmission et les prises de poste, la table de réclamations dispose :

A. — Sur les panneaux verticaux :

1° De jacks munis de lampes d'appel sur lesquels l'opératrice de la table se porte pour recevoir une réclamation.

Ces jacks sont reliés à des lignes intérieures spécialisées pour l'appel de la table (lignes B) et sont connectés à des jacks du multiple groupés sur le meuble urbain et, autant que possible, pourvus de signaux d'occupation pour que les téléphonistes urbaines n'aient pas à faire le test.

2° De jacks reliés à des lignes intérieures spécialisées au départ (lignes A) aboutissant à des jacks locaux sur les groupes de départ.

3° De jacks reliés aux postes téléphoniques de chaque surveillante du bureau.

4° D'un jack correspondant à une ligne aboutissant au service des rapports.

5° De jacks reliés à des monocordes d'un groupe de départ équipé en tandem destinés à permettre à la table de réclamations d'obtenir la communication avec un abonné quelconque du réseau.

B. — Sur le keyboard de chaque opératrice :

1° D'un bouton de conversation avec la position tandem désignée plus haut, nécessaire pour demander l'établissement d'une communication avec le réseau qui peut en outre effectuer l'appel sur la ligne de conversation.

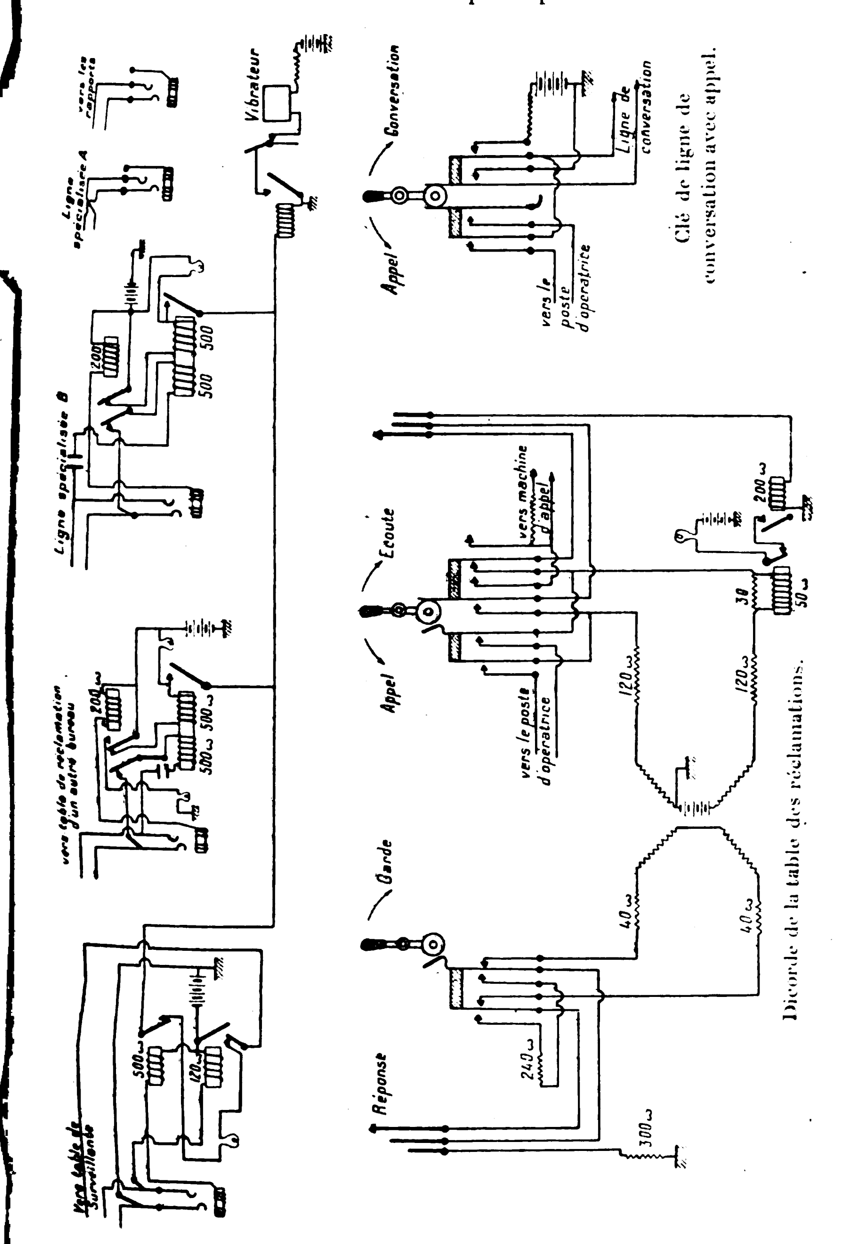
2° De dicordes avec clé de garde, clé d'écoute et d'appel et lampe fonctionnant comme lampe de supervision côté demandé.

Le schéma de principe adopté pour cette table est indiqué par la figure.

Mode d'exploitation. — Lorsqu'un abonné a à se plaindre du service, l'opératrice de départ qui le dessert doit, sans se départir du ton courtois réglementaire, lui indiquer qu'elle le met en communication avec le service des réclamations de son bureau pour qu'il puisse formuler sa plainte et, s'il ne s'y refuse pas, enfonce la deuxième fiche du dicorde dans un jack libre correspondant à la table de réclamations, ou demande ce service au groupe d'arrivée; dans aucun cas la téléphoniste du multiple ne doit engager une conversation avec un abonné réclamant.

Si un réclamant demande la surveillante, l'opératrice passe *d'office* et sans mot dire la table de réclamations.

Si l'abonné demande le commis principal ou le contrôleur,



Clé de ligne de conversation avec appel.

Dicorde de la table des réclamations.

l'opératrice offre à l'abonné le service des réclamations et ne le met en communication avec cet agent que sur l'insistance du réclamant.

Dans le cas où aucune ligne de la table de réclamations ne se trouverait libre, la téléphoniste de départ devrait diriger le réclamant vers la surveillante de sa section.

En même temps qu'elle passe un abonné au service des réclamations l'opératrice de départ doit attendre que ce service ait répondu, annoncer le numéro du groupe qu'elle dessert en prononçant, par exemple, les mots « ici groupe 37 » ; elle relève la clé d'écoute dès que la communication avec l'abonné est commencée.

La table des réclamations ne doit pas s'annoncer à l'abonné. Elle répond seulement par les mots « j'écoute »; elle demande à l'abonné son numéro d'appel et l'invite à présenter sa réclamation. Elle note sur son registre (avec l'heure de la communication, le numéro du groupe de départ et le numéro d'appel de l'abonné), tous les faits qui sont portés à sa connaissance et qui pourront donner lieu à ouverture d'enquête.

Divers cas peuvent être traités immédiatement de la façon suivante :

1° *Avis de non réponse ou d'occupation contestés par le demandeur.* — Lorsqu'un abonné conteste l'avis de non-réponse ou d'occupation qui lui a été notifié, la table de réclamations se fait indiquer le numéro d'appel du demandé, prie le réclamant de rester à l'appareil, abaisse la clé de garde (ce qui a pour effet de séparer les deux cordons sans allumer la lampe de supervision au groupe de départ côté table de réclamations), elle demande, au moyen du bouton de conversation, au groupe tandem, l'abonné pour lequel la non-réponse ou l'occupation est contestée ; lorsque le numéro du conjoncteur lui est désigné, elle enfonce la fiche d'appel dans le jack correspondant et elle attend en écoute.

a) Si l'abonné demandé ne répond pas, l'employée de la table entend le retour d'appel ; au bout d'un certain temps elle retire la fiche d'appel, relève la clé de garde et confirme au réclamant la non réponse de son correspondant.

b) Si l'abonné demandé est à nouveau signalé occupé l'employée de la table perçoit le signal d'occupation (sa lampe de supervision s'allume et s'éteint d'ailleurs par intervalles) elle retire la fiche d'appel, relève de garde et confirme au demandeur l'occupation de l'abonné demandé.

c) Si, par contre, l'abonné demandé répond (la lampe de supervision s'éteint) l'opératrice de la table de réclamations, après avoir constaté que son numéro d'appel est bien celui de l'abonné qu'elle a demandé, l'informe qu'on va lui parler. Elle relève la clé de garde et prévient le demandeur que son correspondant est à l'appareil ; elle reste encore en écoute jusqu'à ce que la conversation soit engagée ; puis relève la clé d'écoute. Lorsque le demandé a raccroché son appareil, la lampe de supervision de la table se rallume, l'opératrice de la table se porte immédiatement en ligne et après s'être assuré que les deux correspondants se sont retirés, remet en place les deux fiches du dicorde utilisé.

2° *Avis de non réponse confirmé et de nouveau contesté.* — L'abonné est invité à rester à l'appareil et sa ligne est mise sur garde en abaissant la clé correspondante. Dans ce cas, la table de réclamations demande la communication avec la surveillante d'arrivée du bureau de l'abonné demandé et lui fait part de la réclamation. Cette surveillante après test sur le jack général fait appeler l'abonné demandé au moyen d'un monocorde spécial d'une table d'arrivée (appel alternatif non automatique).

a) Si l'abonné répond la communication est établie au moyen du monocorde qui a servi à donner la surveillante et la table de réclamations, en avise le demandeur après avoir relevé la clé de garde.

Lorsque la conversation est engagée, elle relève la clé d'écoute. La mise au repos des cordons a lieu, comme il a été dit précédemment, après allumage de la lampe de supervision, rentré de l'opératrice sur la ligne et constatation que les correspondants se sont retirés.

b) Si l'abonné ne répond toujours pas, la surveillante d'arrivée en informe la table de réclamations qui porte le fait à la connaissance du demandeur.

Si ce dernier insiste encore, l'opératrice lui fait connaître que la ligne de l'abonné demandé va être vérifiée et le prie de raccro- son appareil. La table des réclamations provoque l'essai immédiat de la ligne en question ; une fiche de dérangement est établie au bureau du demandé et dans le cas où les essais révèlent quelque chose d'anormal, un monteur est envoyé pour vérifier le poste. Le service des réclamations est mis au courant téléphoniquement de la suite donnée pour que le demandeur soit avisé, s'il y a lieu.

3° *Cas d'occupation de ligne confirmée et à nouveau contestée.* — Comme dans le cas précédent, la ligne de l'abonné est mise sur position de garde. La table demande la surveillante d'arrivée du bureau demandé. La surveillante vérifie si le jack général de ce dernier est bien marqué occupé ; elle se porte même en écoute sur la ligne demandée, s'assure si elle n'y trouve personne, que l'abonné n'est pas pris à l'interurbain. Si un faux test est constaté, une fiche de dérangement est immédiatement établie et dans le cas où la communication peut être donnée, la liaison se fait comme précédemment au moyen du monocorde qui a servi pour demander la surveillante. Le demandeur est informé de l'établissement de cette communication ou des circonstances qui l'ont empêché d'aboutir.

4° *Réclamation relative à différents incidents survenus lors d'une communication téléphonique* (faux numéros, coupures, absence de renseignements, etc...) — L'opératrice de la table de réclamations qui a eu connaissance et pris note du numéro du groupe desservi, interroge l'abonné et s'efforce de faire préciser la nature exacte des constatations qu'il a faites. Sur son registre elle consigne ces incident ainsi que le numéro d'appel de l'abonné réclamant.

Si la responsabilité d'une téléphoniste de départ ou d'arrivée semble devoir être engagée, la surveillante de la section est aussitôt prévenue et une enquête sommaire est ouverte. Dans le cas où les incidents revêtent une certaine gravité, en même temps que la surveillante intéressée est avisée par téléphone, un procès-verbal d'irrégularité est dressé par les soins de la table de réclamations et envoyé au bureau en cause.

L'opératrice de la table fait donner suite, s'il y a lieu, à l'établissement d'une communication qui n'aurait pas abouti ou qui aurait été interrompue.

5° *Réclamation relative au service interurbain.* — Lorsque l'abonné présente une réclamation au sujet du service interurbain, il y a lieu de distinguer les cas suivants :

a) Le réclamant signale qu'il n'a pu effectuer sa demande de communication.

L'opératrice de la table de réclamations demandera une ligne d'annotatrice par l'intermédiaire du groupe tandem auquel elle est reliée. Elle s'assurera, en outre que l'annotatrice a bien répondu au réclamant.

b) L'abonné désire recevoir des renseignements sur une communication interurbaine demandée et n'ayant pas encore abouti.

La table de réclamations informe le réclamant que le service des renseignements du bureau central interurbain pourrait être à l'avenir avisé directement. Elle demande par l'intermédiaire de son groupe tandem une ligne d'annotatrice et fait inscrire la demande de renseignements. L'abonné est renseigné par le service interurbain.

c) L'abonné a fait établir une fiche de renseignements par une annotatrice, il a été renseigné, mais désire avoir de nouveaux et plus amples renseignements.

La ligne de l'abonné est mise sur position de garde, l'opératrice se met en relation avec la surveillante intéressée de l'interurbain, lui demande les renseignements nécessaires et les porte immédiatement à la connaissance du réclamant.

d) L'abonné présente une réclamation relative à une communication interurbaine déjà obtenue. — Si la communication interurbaine vient d'avoir lieu, la table des réclamations indique à l'abonné le service de l'Interurbain auquel il doit s'adresser (renseignements, surveillante) et lui fera obtenir la communication par l'intermédiaire du groupe tandem.

S'il y a contestation de taxes après réception du bordereau mensuel, le réclamant est dirigé sur le service de la comptabilité de son bureau téléphonique. L'abonné pourra être rappelé plus tard et renseigné par ce service.

6° *Signalisation d'un dérangement.* — La table des réclamations avise la surveillante de la section qui fait établir immédiatement une fiche de dérangement afin qu'il soit procédé sans retard aux essais.

Nota I. — Il peut arriver que le réclamant (dont la ligne a été mise sur position de garde) raccroche son appareil, que le groupe de départ (au vu de l'allumage de la lampe de supervision, côté demandeur, après être rentré en ligne et après avoir constaté le silence complet sur le circuit) ait remis au repos les cordons du dicorde utilisé ; la téléphoniste d arrivée coupe également. L'opératrice de la table de réclamations devra rappeler le réclamant au moyen des jacks de lignes spécialisées au départ pour lui fournir les renseignements demandés ou, s'il y a lieu, lui offrir la communication qui n'avait pas abouti précédemment.

Nota II. — Toute réclamation, qu'elles qu'en soient la nature et la gravité, doit être consignée sur le registre des réclamations avec l'heure de réception, le numéro du groupe et le numéro d'appel de l'abonné ainsi qu'avec la suite donnée. Il est essentiel que les opératrices ne se départissent jamais du ton correct réglementaire et qu'elles s'efforcent de donner satisfaction aux abonnés.

Nombre d'organes. — Une table de réclamations se compose :

De panneaux verticaux où aboutissent sur des jacks les lignes nécessaires au fonctionnement de ce service (les connexions de ces jacks sont indiquées sur le schéma) ;

Et d'un Keyboard muni des organes dénommés ci-après.

Pour un multiple de 10.000 abonnés, il est estimé que la table de réclamations doit avoir quatre positions d'opératrices munies chacune :

D'une prise de courant pour poste d'employée ;

De 3 discordes avec clé de garde, clé double d'appel et d'écoute et lampe de supervision, côté demandé ;

D'une clé de ligne de conversation pouvant effectuer l'appel sur la ligne de conversation.

Les panneaux de jacks au nombre de deux sont desservis chacun par deux opératrices. Ils comportent :

1° un nombre suffisant de jacks avec signaux lumineux d'appel connectés avec chacune des surveillantes des groupes du bureau ;

2° un jack relié avec une ligne aboutissant au service des rapports ;

3° un nombre de jacks (avec signaux lumineux d'occupation et d'appel), reliés chacun avec le service des réclamations de chaque bureau de Paris ;

4° 10 jacks (avec signaux lumineux d'appel) de lignes spécialisées B connectés à des jacks généraux du multiple ;

5° 3 jacks de lignes spécialisées A aboutissant à des jacks locaux du multiple ;

6° 10 jacks d'intercommunication reliés au monocordes d'un groupe de départ équipé (en partie) en tandem.

Tous ces jacks, sauf ceux des lignes spécialisées A, sont multiplés sur les deux panneaux et peuvent être desservis par chaque opératrice.

Pour un multiple de moins de 10.000 abonnés, le nombre de jacks de lignes de départ, d'arrivée, d'intercommunications et le nombre de positions peuvent être réduits proportionnellement.

Service d'Études et de Recherches Techniques
DE L'ADMINISTRATION DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES.

Concours pour le choix d'un type unique d'appareil téléphonique à batterie centrale.

Depuis que les appareils téléphoniques à batterie centrale ont été installés sur les réseaux de l'Administration, on s'est contenté de leur imposer certaines conditions de réception sans exiger des constructeurs la conformité complète avec un type (1).

L'exemple de tous les pays étrangers à grand développement téléphonique : États-Unis d'Amérique, Suède, Grande-Bretagne, Allemagne, enseigne qu'il est nécessaire d'installer des appareils d'un type unique pour avoir des réseaux de haute qualité. Les mesures d'efficacité de transmission et de réception effectuées sur des appareils de types divers révèlent des différences importantes, même lorsque la construction en est également soignée. De plus, le meilleur moyen d'écarter les appareils les moins efficaces est d'imposer un type reconnu comme étant de première qualité.

Au point de vue des facilités d'entretien, l'adoption d'un type rendrait également d'éminents services, car les ouvriers monteurs auraient à faire des recherches moins laborieuses pour relever les dérangements et n'auraient pas à s'approvisionner d'autant de types de pièces détachées que dans le régime actuel.

Conformément à ces vues, le Service d'Études et de Recherches techniques des Postes et Télégraphes a préparé le programme d'un concours en vue du choix d'un type d'appareil téléphonique à batterie centrale à imposer à l'avenir dans toutes les installa-

---

(1) Les conditions imposées étaient limitées au schéma de montage électrique et surtout à l'obtention de résultats satisfaisants au cours d'essais d'efficacité de transmission et de réception.

tions reliées aux réseaux de l'Administration et il a été de plus prévu que cet appareil serait tout de suite adapté pour sa transformation éventuelle en appareil automatique par l'adjonction ultérieure d'un cadran à numéros. Le Comité technique des P. T. T. à émis l'avis que le concours en question soit ouvert le plus tôt possible entre les constructeurs.

COMITÉ TECHNIQUE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES.

Appareils téléphoniques à prépayement.

Dans un numéro précédent (1), les Annales ont publié une note rendant compte des résultats satisfaisants obtenus par la mise à l'essai sur le réseau téléphonique de Paris d'un nouvel appareil à payement préalable. Voici quelques renseignements complé-

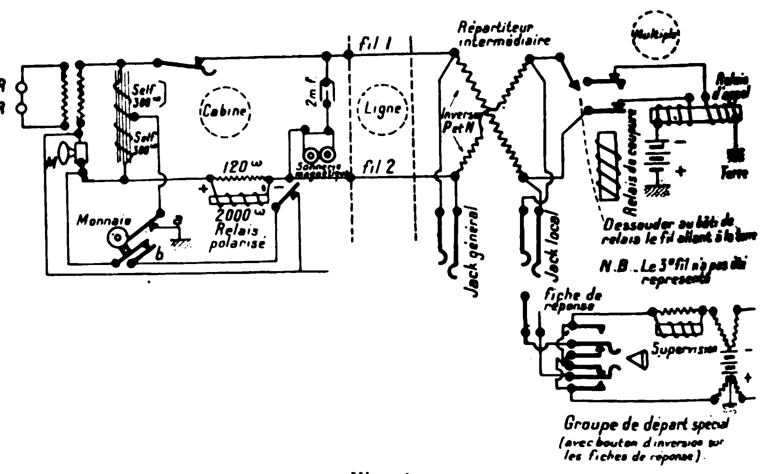


Fig. 1.

mentaires au sujet de ce système qui est basé sur le principe suivant.

La somme représentant la taxe unitaire de conversation (25 centimes à Paris) est introduite dans une fente placée à la partie supérieure de l'encaisseur, appareil mécaniquement indépendant de l'appareil téléphonique proprement dit et qui ne lui est rattaché que par les connexions électriques nécessaires.

(1) Septembre 1921, p. 507.

qu'on a eu soin de mettre hors d'atteinte. Cette somme peut être représentée soit par une pièce unique de nickel, soit par des pièces de billon de 5 et 10 centimes, suivant que la fente et la glissière de contrôle sont faites pour l'un ou l'autre type de monnaie. La monnaie s'arrête en un point de l'appareil où elle reste en dépôt provisoire (fig. 1), tout en fermant un contact intérieur intercalé sur un circuit local sans pile ne comprenant que la butée de repos, l'armature d'un relais polarisé placé en haut de la cabine, et le microphone de l'appelant qui est ainsi mis en court-circuit par le poids de la monnaie. Ce dispositif se combine avec un autre introduisant une terre, et qui permet au relais d'appel du bureau central de fonctionner au décrochage de l'appareil téléphonique, à condition qu'il y ait une pièce ou un ensemble de pièces agissant comme il vient d'être dit.

Au bureau central (fig. 1), l'opératrice dispose de paires de cordons qui comportent chacune un bouton spécial intercalé entre les deux fiches et comparable aux boutons de conversation permettant aux bureaux centraux de communiquer entre eux. Au vu de la lampe d'appel, elle se porte avec une fiche arrière sur le jak de départ de la cabine appelante et appuie sur le bouton en question. Cette manœuvre a pour effet d'envoyer dans l'enroulement du relais polarisé de la cabine un courant de tel sens que l'armature est attirée sur le butoir opposé, et que le microphone de l'appelant est provisoirement libéré. L'appelant, pendant toute cette première phase de l'opération, entend donc toujours, mais ne dispose des moyens de parler qu'autant que l'opératrice agit sur le bouton d'inversion du relais, ce qu'elle fait d'une façon toute machinale.

Elle recueille ainsi la demande et lui donne suite à l'aide du bouton de conversation inter-bureaux et de sa fiche avant s'il y a lieu, comme pour une communication ordinaire.

L'un ou l'autre des deux cas habituels se présente alors :

Si le poste demandé n'est pas libre ou ne répond pas, aussitôt qu'il en a reçu l'avis, l'appelant fait usage d'un bouton placé à la partie basse de l'appareil encaisseur, sur lequel il appuie et qui agit sur un levier aiguillant la monnaie dans un canal

qui débouche au-dessus d'une sébille extérieure où elle peut être reprise.

Si au contraire, l'appelé répond, l'appelant qui l'entend grâce à son récepteur, se substitue à la téléphoniste pour libérer définitivement son microphone. Pour cela, il agit sur un autre bouton situé à la partie supérieure de l'encaisseur, ce qui a pour effet de faire tomber brusquement la monnaie dans l'intérieur de la caisse métallique fermée placée au bas de l'appareil et fait ouvrir le contact que fermait, par l'action de son poids la monnaie pendant son arrêt provisoire, c'est-à-dire permet de couper en ce point le court-circuit qui empêchait l'alimentation du microphone. Cette manœuvre libère donc définitivement celui-ci de ce court-circuit.

Dans le dernier modèle établi, un troisième contact, solidaire des deux autres, mais fonctionnant en sens inverse, se ferme par le jeu de l'encaissement, ce qui a pour effet de mettre le relais polarisé, qui n'a plus de rôle à jouer, en court-circuit à partir du moment ou les deux correspondants sont en relation.

Un compteur de communications efficaces peut être adjoint à l'appareil. On comprend facilement que la manœuvre d'encaissement, qui correspond à une communication effectivement obtenue, puisse faire avancer à chaque fois ce compteur d'une unité.

De même, il sera possible, par la même manœuvre, d'agir sur un mouvement simple d'horlogerie avec contact intérieur, qui toutes les 3 minutes, remette le microphone en court-circuit et fasse allumer le signal de fin au central, a moins que l'occupant introduise à nouveau le montant de la taxe et l'encaisse, ce qui ramène tout le système au point de départ.

Une orientation convenable des fils, au multiple, permet d'appeler la cabine à encaissement et de la faire fonctionner comme poste d'arrivée, c'est-à-dire sans versement, la taxe étant toujours imputable au demandeur. Cette faculté est surtout avantageuse pour la réception des communications interurbaines ou des messages.

La photographie qui accompagne cette (fig. 2) note représente l'intérieur d'une cabine. En bas figure l'encaisseur avec sa fente

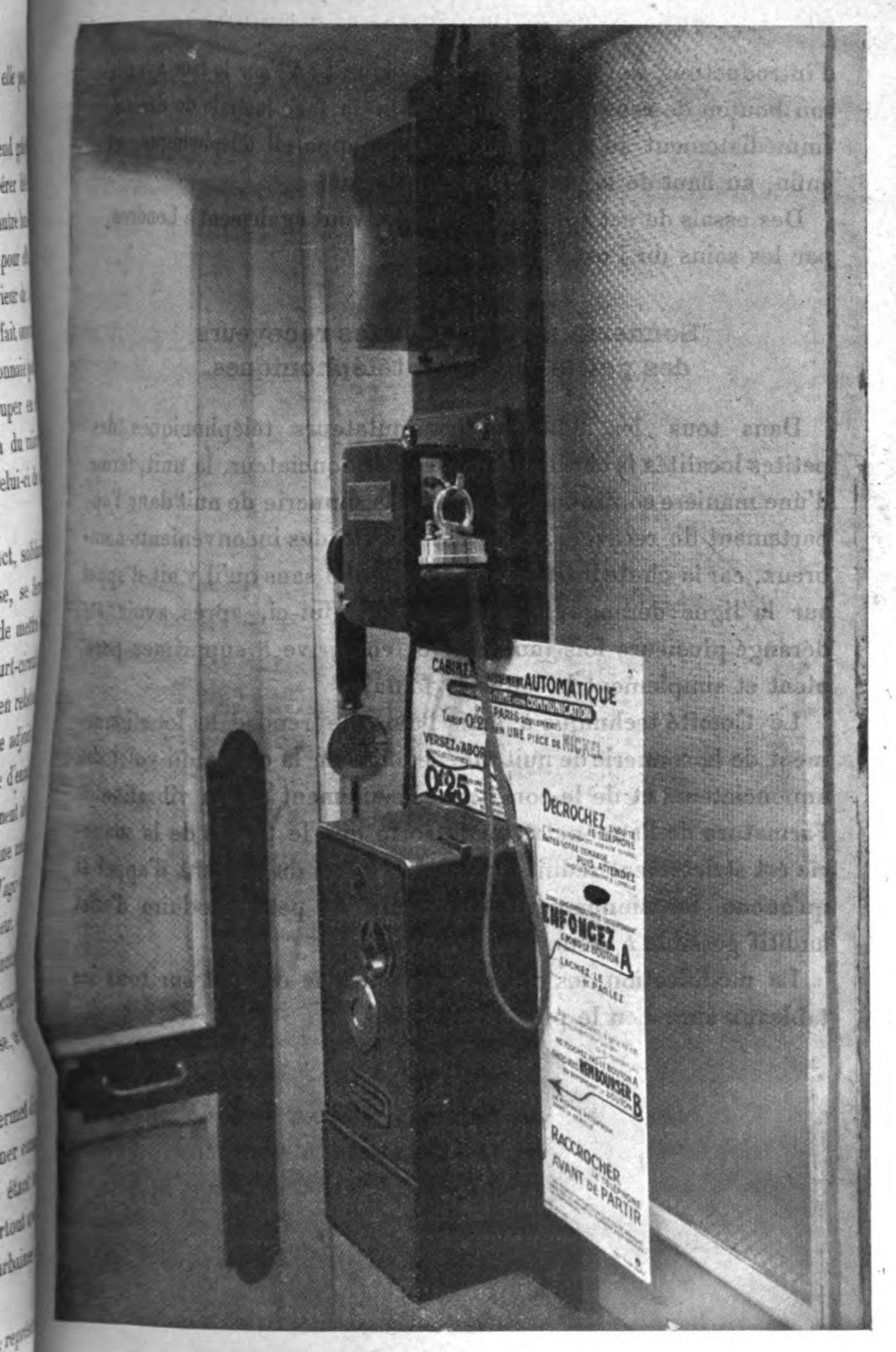


Fig. 2.
Vue de l'appareil téléphonique à prépayement.

d'introduction, son bouton d'encaissement (A) sur la face avant, son bouton de remboursement (B) sur la face latérale de droite. Immédiatement au-dessus se trouve l'appareil téléphonique, et enfin, au haut de la paroi, le relais fermé.

Des essais de cet appareil se poursuivent également à Londres, par les soins du Post Office.

Sonnerie de nuit chez les receveurs des petits bureaux téléphoniques.

Dans tous les tableaux commutateurs téléphoniques des petites localités la chute d'un volet d'annonciateur, la nuit, ferme d'une manière continue le circuit de la sonnerie de nuit dans l'appartement du receveur. Il en est résulté des inconvénients nombreux, car la chute intempestive d'un volet sans qu'il y ait d'appel sur la ligne dérange le receveur et celui-ci, après avoir été dérangé plusieurs fois inutilement, en arrive à supprimer purement et simplement la sonnerie la nuit.

Le Comité technique à émis l'avis de rendre le fonctionnement de la sonnerie de nuit indépendant de la chute du volet des annonciateurs et de le commander seulement par la vibration de l'armature de l'annonciateur de sorte que le temps de la sonnerie est strictement réduit à celui de l'envoi du courant d'appel et qu'aucun fonctionnement intempestif ne peut produire d'effet auditif possible à confondre avec l'appel.

La modification des circuits de sonnerie de nuit sur tous les tableaux aura lieu le plus tôt possible.

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Périodiques en langue française, par M. TAFFIN, Directeur des Postes et Télégraphes. — Périodiques en langues étrangères, par MM. CAUCHIE, Inspecteur des Postes et Télégraphes, et LAVOIGNAT, contrôleur des Postes et Télégraphes.

PÉRIODIQUES EN LANGUE FRANÇAISE.

Les Industries de l'État, par M. Louis Jamet (extrait d'*X-Information*, 25 décembre 1921). — Quel que soit le régime politique établi, les raisons pour lesquelles l'État ne saurait faire figure de bon industriel reparaîtraient toujours au bout d'un temps plus ou moins long. Notre première preuve en est dans le fait que nous les trouvons en germe dans toutes les immenses Sociétés modernes industrielles. Mais là, elles ne se développent pas d'aussi intense façon parce que la redoutable concurrence et la nécessité de vivre remettent toujours les choses au point et font mieux entrevoir, périodiquement, les voies qu'il faut suivre, coûte que coûte. Ce remède salutaire n'existe pas pour l'État tout puissant qui ignore la concurrence et qui croira toujours — même après faillite, s'il va trop loin — trouver dans son budget de quoi combler tous ses déficits !

Et surtout, les tendances de toute Administration d'État sont trop évidentes : la crainte et l'émiettement des responsabilités, le désir de chacun de conserver sa place avec le minimum de travail, les décisions lentes et prises à regret, le fonctionnarisme en un mot, les règles trop rigides... De plus, l'État, promoteur naturel de toutes les améliorations sociales, arbitre désigné des graves conflits intérieurs, ne remplirait-il pas mieux cette éminente fonction s'il se dégageait de préoccupations qui ne correspondent pour lui à aucun devoir ?

Mais faut-il pour cela désirer que le rôle industriel de l'État soit réduit à zéro ? Assurément non. Pourtant, il convient de préciser le but et de déterminer les moyens.

L'État doit sauvegarder la vie de la nation et la protéger contre ses ennemis de l'intérieur et du dehors. Il est donc d'abord nécessaire qu'il se procure les ressources financières indispensables, c'est-à-dire que son budget soit assuré. Et rien à ce sujet ne paraît plus légitime que certains monopoles, surtout lorsque leur exploitation ne lèse aucun intérêt vital et que de gros bénéfices sont réalisés : tel est le monopole des tabacs.

D'autres monopoles analogues s'entrevoient aisément et il faudrait en souhaiter le prompt établissement.

Nous n'ignorons pas que les objections sont nombreuses contre les monopoles et que ces objections semblent même renforcées par nos critiques précédentes des établissements industriels de l'État. Mais elles ne tiennent pas contre des constatations analogues à celle-ci : le Monopole des tabacs apporte plus de huit cents millions par an au crédit du budget. Nous ne voulons pas dire que cette somme déjà imposante, malgré la danse actuelle des milliards, ne puisse être considérablement augmentée : bien au contraire !

Un renforcement de l'autorité effective des directeurs et ingénieurs des monopoles de l'État, des règles administratives moins étroites, un budget particulier plus souple, une liberté plus grande dans les fabrications amèneraient, à n'en pas douter, et dans un très court délai une amélioration très nette des produits et un accroissement notable des recettes. Et ceci, sans révolution d'aucune sorte !

Encore, malgré nos critiques précédentes, nous irons plus loin en posant en principe que l'État ferait une faute capitale en vendant son monopole, sous quelque forme que ce soit, à une Société industrielle privée. La bonne volonté publique qui se plie, en dépit d'inconvénients variés, au mode actuel, ne serait plus acquise si le monopole, méconnaissant son but et son excuse véritables, alimentait des caisses privées en même temps que celle du Trésor. A notre avis, il y a là, en effet, une question de moralité supérieure que l'on ne doit pas méconnaître, les Finances de l'État dussent-elles en être moins prospères.

Pour des raisons comparables, il n'est pas nécessaire d'intéresser les ingénieurs de l'État aux bénéfices réalisés : ils n'ont pas besoin de ce stimulant. Malgré des traitements infimes, qu'il serait indécent

de ne pas relever le plus rapidement possible, ils assurent leur tâche avec un dévouement complet et une compétence remarquable. C'est précisément à cela et à l'intégrité absolue dont ils font preuve, qu'ils doivent la haute estime où ils sont universellement tenus.

Le monopole des P. T. T. ne saurait non plus échapper à la gestion directe de l'État, en vertu de considérations non seulement budgétaires, mais aussi et surtout d'ordre public. Ici, la question semble plus complexe que pour les tabacs, en raison de la plus grande envergure et de la variété de l'entreprise qui comprend des organes très divers. Mais nous persistons à penser que, tout au moins pour les Services techniques, les remèdes à apporter sont encore ceux décrits plus haut. Sont-ils, ces remèdes, très différents de ceux qui seraient de leur côté nécessaires au meilleur rendement des Services d'exploitation (que nous pourrions appeler commerciaux)? Nous ne le croyons pas, mais il conviendrait, dans ce dernier cas, de leur ajouter une plus grande fermeté dans la conduite du personnel et de façonner à ce personnel un esprit, nouveau, basé sur le principe évident (et trop souvent appliqué en sens inverse) d'après lequel le fonctionnaire, — c'est-à-dire le vendeur — doit se tenir aux ordres du public — c'est-à-dire du client. Cependant tout ceci est fort délicat...

Aussi bien, ne nous illusionnons pas. Aucun remède n'est, en l'espèce, souverain, et l'État, de par sa nature, restera toujours, nous le répétons, un très médiocre industriel. Mais, puisqu'il y a des monopoles nécessaires, encore faudrait-il que leur rendement fût amélioré dans la faible mesure du possible.

Mesure de la vitesse de propagation des ondes électriques le long de fils métalliques, par M. Mercier (*Acad. des sciences* : 2 novembre 1921). — Lorsque des oscillations électriques se propagent le long de deux fils parallèles, il se produit un système de nœuds et de ventres. La vitesse de propagation des ondes sera connue si l'on mesure la longueur d'onde et la période des oscillations.

On couple faiblement les deux fils avec un oscillateur à lampes pour très courtes longueurs d'onde. Les deux fils sont reliés ensemble,

à l'une de leurs extrémités, par un pont métallique. Un autre pont, mobile, permet de déterminer la position des ventres à moins d'un dixième de millimètre. On en déduit la longueur d'onde.

D'autre part on mesure la période, par la méthode de détermination des fréquences en valeur absolue de MM. Abraham et Bloch.

On obtient ainsi finalement la vitesse de propagation avec une précision dépassant le dix-millième.

PÉRIODIQUES EN LANGUES ÉTRANGÈRES.

Communications radiotéléphoniques entre les stations d'énergie et les sous-stations (*Electrical World* : déc. 1921). — Il résulte d'une conférence, faite récemment à Hanovre par le comte Arco, qu'on attache en Allemagne une grande importance à l'utilisation de communications radiotéléphoniques entre les stations et les sous-stations d'énergie. En raison de ce que, pour une transmission ordinaire sans fil, l'énergie requise au départ augmente environ comme la septième puissance de la distance à franchir, on a examiné plus spécialement les problèmes relatifs à l'emploi de la *radiotéléphonie par fil*. Avec ce système, les pertes de transmission sont moins importantes et les perturbations dues aux atmosphériques sont pratiquement nulles.

Une compagnie allemande de radiotélégraphie a installé déjà plusieurs postes, dont les plus importants sont ceux de Golpa-Rummelsburg (portée de 135 km.) et des usines Schichau à Elbing (portée de 50 km.).

Le courant de chauffage des tubes à vide du poste d'émission est fourni par une petite batterie de 10 volts ; on applique à la plaque une tension de 600 volts (en courant continu), qui est fournie généralement par un convertisseur. Le tube est monté suivant le procédé Meissner ; il débite une certaine quantité constante d'énergie, d'amplitude et de fréquence connues. L'énergie passe du circuit oscillant sur la ligne, de préférence suivant la méthode Lecher; on sait en quoi elle consiste : deux fils, de 100 mètres chacun environ, sont posés sur les mêmes appuis que la ligne et parallèlement à celle-ci sur une longueur de quelques mètres. Une bobine d'accouplement

relie les deux fils au circuit oscillant de la génératrice. L'efficacité de ce mode de transmission est très grande lorsque les deux fils sont en accouplement plus serré avec deux lignes de transmission, qu'avec toutes les autres lignes. Il est facile de s'arranger pour qu'il en soit ainsi sur les réseaux ordinaires. De cette manière, la radiation libre est peu accentuée et l'énergie passe presque en totalité sur les deux lignes de transmission dont il s'agit. Au poste de réception, on emploie un dispositif identique. Au besoin, on amplifie le courant continu au moyen d'une lampe à basse fréquence avant qu'il n'atteigne le récepteur. Il importe de veiller à ce qu'à l'arrivée aucun harmonique ne se superpose au courant ; la chose se produit fréquemment par la faute des dynamos, des commutateurs et des balais ; on doit prendre des mesures spéciales pour étouffer ces harmoniques. En utilisant aux deux postes extrêmes des fréquences différentes, on peut communiquer simultanément dans les deux sens, ce qui constitue un avantage sérieux. La différence des longueurs d'onde doit être relativement considérable. Si une difficulté quelconque devait en résulter, on pourrait y remédier en utilisant un circuit avec bobines de réactance accordé. Lorsqu'il existe plusieurs sous-stations, le choix des longueurs d'onde entraîne quelques complications ; il est facile d'y obvier en se servant d'appareils automatiques. Les tubes modernes sont à vide très poussé ; ils donnent des résultats constants si l'on prend soin d'entretenir en bon état les appareils auxiliaires. Il peut, à la vérité, se produire de légères variations dues aux modifications du diélectrique, mais le coefficient de sécurité est tellement élevé qu'il n'en résulte aucun inconvénient appréciable. Avec ce système de radiotéléphonie dirigée, l'intensité des signaux reçus est très grande ; par suite, si l'on se sert d'un redresseur simple, on peut actionner la sonnerie locale en utilisant un appareil ordinaire à bobine mobile ou un relais polarisé.

On a imaginé certains appareils spéciaux qui permettent de communiquer lorsque les lignes sont complètement interrompues. Ces appareils sont peu encombrants ; on peut les transporter facilement en automobile et même à la main. Ils comprennent une antenne de secours analogue à celle utilisée en radiotéléphonie non dirigée.

Considérations sur l'usage du téléphone par M. P. Abbott (*Telephone Engineer* : septembre 1921). — Il existe un grand nombre de gens qui bénéficient tous les jours, et plusieurs fois par jour, des avantages que procure le service téléphonique en utilisant l'appareil d'un voisin ! Et, en réalité, ce sont ces gens qui sont les premiers à critiquer la marche du service, car, contrairement aux abonnés réels, ils n'ont pas la moindre idée des difficultés de l'exploitation.

Les directeurs de services téléphoniques sont dans l'erreur lorsque, étudiant le problème des rapports avec le public, ils croient qu'il leur suffit de tenir compte des abonnés réels. Il faut aussi poursuivre l'éducation des non-abonnés, leur faire comprendre la valeur et l'utilité du service téléphonique, leur expliquer la complexité des installations et la surveillance constante qui est indipensable pour que le service soit aussi bon qu'ils peuvent eux-mêmes le souhaiter.

Pour s'attirer la confiance et l'appui du public, il est essentiel d'assurer un service rapide, précis, sûr et courtois. Pour cela, il faut les efforts combinés de tous les employés tenant l'œil fixé sur le but commun à atteindre. Ceci suppose une étroite collaboration et une grande émulation. Le service téléphonique dépend beaucoup des qualités de chaque employé, de l'énergie et de l'enthousiasme qu'il apporte à l'exécution de sa tâche journalière, de l'esprit de corps, provoqué et stimulé tous les jours.

Les candidates à l'emploi de téléphoniste doivent, avant tout, se montrer polies. Lorsque l'établissement d'une communication est laborieux, le demandeur doit être renseigné exactement sur les causes du retard ; aucune promesse ne doit être faite, qui ne puisse être tenue.

L'établissement équitable des taxes locales et interurbaines est une question qui influe très souvent sur les bonnes relations entre le public et les services téléléphoniques. Il faut convaincre l'abonné que le tarif adopté est le plus faible qui soit compatible avec un bon service. L'abonné tient surtout à un bon service ; on le trouvera toujours prêt à payer le service ce qu'il vaut.

Enfin le public doit être renseigné en détail sur les difficultés de l'exploitation. La moyenne des abonnés ne se fait pas la moindre

idée de la complexité de la tâche. Si le service est interrompu, l'abonné incrimine tout naturellement les appareils en service ou s'en prend à la téléphoniste qui le dessert. Les paratonnerres; les lignes artificielles, les câbles, les bobines thermiques; les fils de ligne; les jacks, annonciateurs, cordons, fiches des tableaux de commutation? il en ignore le plus souvent l'existence. Tout ce qu'il sait, c'est qu'il avait besoin de causer à telle heure et que son service est interrompu. Dans les grands centres, la branche commerciale a tous les jours à examiner des cas de ce genre; le plus souvent, quelques mots d'explication suffisent pour calmer l'abonné. Dans les centres de faible importance, cette branche n'existe pas. C'est l'opératrice qui reçoit les doléances du réclamant. Il faut qu'elle assure ce service des renseignements, et c'est une lourde tâche, car les cas de ce genre sont extrêmement variés.

Les conférences, la presse, les dessins, ont chacun leur utilité propre et sont indispensables pour répandre des vérités que le public doit être amené à comprendre; mais il y a mieux que tous ces moyens réunis; c'est la personnalité de l'employé qui travaille loyalement et avec enthousiasme à la destruction des préjugés et à l'éducation du public en général.

A propos de la construction des lignes téléphoniques aux Etats-Unis, par E. S. Byng, ingénieur au Post Office anglais (*The Electrician*, novembre 1921) (1):

Organisation du « Bell System ». — L'American Telephone and Telegraph Company et les compagnies associées constituent le *Bell System*. Chaque compagnie possède une organisation propre, divisée généralement en quatre sections : 1° le service technique; 2° le service de construction; 3° le service d'exploitation; 4° le service commercial.

Le service technique est chargé de choisir les types d'appareils; il prépare les devis des installations des centraux téléphoniques; il recherche les emplacements des futurs centraux et révise les projets

(1) Extraits d'un mémoire présenté à l' « Institution of Electrical Engineers ».

d'extension. Le service de construction s'occupe : des extensions à l'extérieur des bureaux ; de l'établissement des plans des installations et des cartes des réseaux ; des demandes d'autorisation de construire ; de la construction et de l'entretien des installations et des circuits ; de la répartition du matériel et des approvisionnements. Le service d'exploitation règlemente l'utilisation des appareils des bureaux centraux, des circuits suburbains et interurbains ; il assure le service sur les uns et les autres et dresse des statistiques ; il surveille le fonctionnement des cours d'instruction des opératrices, etc... Le service commercial a dans ses attributions la fixation des tarifs locaux et des circonscriptions ; la composition, la publication et la distribution des annuaires ; la publicité et les annonces ; c'est lui qui se met en rapport avec les fournisseurs, qui s'occupe des adjudications et de l'encaissement des redevances, etc.

Chacune des compagnies associées assure le service dans les centraux téléphoniques et construit les lignes interurbaines dans son ressort. Les lignes à grande distance, qui relient entre elles les villes situées dans des circonscriptions différentes, sont fournies par le département des lignes à longue distance (long lines Department de l'American Telephone et Telegraph C°. Cette compagnie constitue l'organe central du *Bell system*. Outre les services techniques de l'organisation centrale, le personnel technique de la *Western Electric C°*, invente de nouveaux dispositifs et procède à des recherches et essais en laboratoire.

Câbles aériens. — Du jour où les circuits aériens ont été reconnus insuffisants, on a apprécié les avantages des câbles aériens dans certains cas ; mais, on les a considérés pendant longtemps comme un système provisoire, intermédiaire entre les lignes aériennes et les lignes souterraines. Pour éviter des interruptions de service dues à l'usure de l'enveloppe sur les bagues de suspension, ou à la cristallisation de l'enveloppe au voisinage des appuis, on a jugé préférable, dans de nombreux cas, de poser les câbles à longue distance très importants dans des canalisations souterraines. Toutefois, les défauts signalés ci-dessus ayant été supprimés progressivement, il est d'usage courant aujourd'hui de se servir des câbles à longue distance aériens toutes les fois que les conditions locales le permettent.

Avantages et inconvénients des câbles aériens. — On peut résumer ainsi les *avantages* les plus intéressants :

1° Lorsqu'on doit planter des appuis ou bien construire des canalisations souterraines pour y poser plusieurs circuits, le câble aérien est, pour une même longueur, sensiblement moins coûteux. Les frais annuels d'entretien sont également moins élevés.

2° Lorsqu'on ne peut estimer à l'avance l'importance que le trafic est appelé à prendre en définitive, on court un risque moindre avec des frais de premier établissement moins élevés. Ceci s'applique également au cas où il s'agit de remplacer des lignes devenues insuffisantes.

3° Les travaux de pose d'un câble aérien sont bien moins longs ; par conséquent, il est mis plus tôt à la disposition du public et il rapporte plus tôt à la compagnie.

4° On peut poser un câble aérien dans les régions montagneuses ou rocheuses, là où la pose en souterrain serait matériellement impossible.

5° Un itinéraire aérien est généralement plus court ; d'où diminution des frais de construction et des pertes de transmission.

6° Il est plus facile de faire traverser une rivière ou un canal à un câble aérien qu'à un câble souterrain.

7° Le câble aérien plus sujet aux dérangements est aussi plus accessible lorsqu'il s'agit d'effectuer une réparation ; par suite, le service est interrompu moins longtemps. De plus, les câbles souterrains sont plus exposés à une interruption totale lorsque l'eau envahit les conduites, les chambres de tirage et atteint les conducteurs par des joints mal soudés ou autrement.

8° On peut toujours inspecter un câble aérien et les interruptions dues aux travaux de voirie sont évitées. Lorsqu'on procède à la réfection, à la surélévation ou à l'abaissement des routes, il est facile de déplacer le câble aérien.

9° Il n'existe pratiquement aucun risque d'électrolyse.

10° En hiver, le câble souterrain peut être endommagé par la glace qui se forme à l'intérieur des conduites. Le câble aérien n'est pas exposé à un danger de ce genre.

Signalons les *inconvénients* principaux des câbles aériens :

1° On peut objecter que le câble aérien manque d'esthétique. Toutefois, si la construction est faite avec soin, on peut dire que le câble unique est moins laid qu'une nappe formée de nombreux fils nus.

2° Le cisaillement de l'enveloppe par les bagues et les phénomènes de cristallisation occasionnés par la dilatation et la contraction des câbles sont susceptibles de se produire, mais on peut aujourd'hui y remédier dans la plupart des cas.

3° On a signalé des détériorations dues à la malveillance (pointes des griffes de monteurs, morsures d'écureuils, etc.), mais réellement les cas d'interruption du service, pour ces motifs, sont plutôt l'exception.

4° En raison du nombre élevé de bâtiments construits en bois, les câbles aériens sont exposés à la destruction par le feu. On obvie à cet inconvénient sérieux en contournant les villages et en posant le câble en souterrain dans les traversées de villes.

5° On a redouté l'effet des tempêtes sur les câbles aériens ; cependant au cours des dernières années, on a reconnu que les lignes étaient pratiquement indemnes lorsque les appuis ne supportent que des câbles. Les lignes les plus récentes ont été calculées de telle sorte qu'avec une couche de givre de 12mm sur le câble porteur et sur le câble téléphonique, et une pression du vent de l'ordre de 32 kg., le coefficient de sécurité soit égal à 4,7. Après 19 ans, le poteau perdant chaque année 12 mm. de tour, le coefficient de sécurité serait encore de l'ordre de 2.

On s'accorde à reconnaître que la stabilité d'une ligne de câbles dépend des précautions prises au moment de la construction. On peut en indiquer les principales : courtes portées ; poteaux courts mais gros ; suppression des arbres au voisinage immédiat de la ligne ; tension judicieuse du câble porteur ; faible espacement des bagues de suspension convenablement choisies ; épissures en fil de merlin pour empêcher la cristallisation de l'enveloppe et son cisaillement par frottement sur les bagues ; enfin, emploi de colliers appropriés pour empêcher tout mouvement de va-et-vient. C'est grâce à ces diverses mesures qu'on a augmenté la robustesse des câbles aériens.

Canalisations souterraines. — On emploie aux États-Unis des conduites en argile vitrifiée, en bois créosoté, en fer ou en acier. Le bois créosoté est employé fréquemment, mais s'il faut plus de 4 ou 6 tubes, l'argile vitrifiée est préférable. On ne se sert des conduites métalliques qu'aux bifurcations ou aux points de branchement ; on ne saurait s'en passer si l'on tient à éviter des obstructions. Citons encore des tubes en fibre, qui sont considérés comme moins satisfaisants que les systèmes indiqués ci-dessus. Les conduites en béton ont occasionné des mécomptes en raison des frottements qui se produisent au moment du tirage et des effets alcalins dommageables pour l'enveloppe de plomb. Autrefois, les chambres étaient construites en briques ; on les construit en béton aujourd'hui.

Raccordements. — Les Américains n'emploient que des épisseurs qui soient en même temps habiles plombiers. Il est curieux de constater, que grâce à un outillage spécial, on peut raccorder et souder 100 paires d'un câble téléphonique en une heure ; certains ouvriers particulièrement habiles ont pu faire jusqu'à 150 ligatures soudées en une heure. Il n'est pas rare qu'en une journée de travail (8 heures) un câble à 600 paires soit complètement raccordé. Cet outillage comprend notamment : une pince à torsades, et un outil à ligatures (qui ressemble à une poignée de manivelle) ; ils permettent de faire des épissures dites « en pont ». Pour isoler les épissures, on les recouvre non de papier, mais de coton tressé. Avant de souder les ligatures, on les entoure encore d'un ruban de mousseline. Après avoir décapé les tubes et les enveloppes en plomb, on les enduit de stéarine, qui sert de soudant. La longueur d'un joint soudé ne dépasse jamais 5 centimètres. En général, on ne pose que deux câbles à la fois. On n'utilise jamais des chutes de câbles afin d'éviter de trop nombreux raccords. Pour travailler dans les chambres, on se sert exclusivement de lampes électriques alimentées par des accumulateurs portatifs. Pour protéger complètement les joints en Y contre l'humidité, ils sont toujours enduits de paraffine ; on ne prend pas cette précaution pour les ligatures droites. Les bobines Pupin sont raccordées aux câbles au moyen d'un joint dit balloon joint. »

On ne sèche les câbles ni à l'air chaud ni au gaz carbonique pour

assurer un meilleur isolement. Seuls les effets de corrosion ou des chocs violents (cas excessivement rares) peuvent endommager les câbles entre deux épissures. S'il survient des dérangements de ce genre, il convient de remplacer la partie endommagée du câble, sauf lorsque le défaut étant peu important on peut y remédier en enduisant le câble de paraffine bouillante. Dans les chambres de soudure, les câbles sont posés sur des appuis afin que les épissures soient dûment protégées.

Méthodes adoptées pour les installations domestiques. — Il importe de remarquer qu'il existe pratiquement un appareil téléphonique dans chaque chambre d'hôtel ; certains grands hôtels possèdent 2.500 appareils. Dans un immeuble très important de New York, on compte quatre câbles, de 900 paires chacun, aboutissant au central téléphonique voisin ; environ 600 paires de chaque câble constituent des circuits directs, les 300 autres aboutissent au tableau de distribution qui ressemble assez au tableau de distribution auxiliaire des grands centraux téléphoniques.

Dans les villes moins importantes les dérivations qui relient les câbles au domicile des abonnés sont faites en plantant des poteaux de 6 à 7 mètres 50 le long des allées ou des rues qui séparent les immeubles d'un même pâté de maisons. Les circuits des abonnés, *en câble isolé*, sont branchés sur ces poteaux.

Dans les régions peu peuplées, où le nombre des circuits n'oblige pas à poser un câble pour desservir un groupe de maisons, on a adopté un système de distribution très économique comprenant un certain nombre de bornes de jonction. Une installation de ce genre est propre, peu apparente ; elle ne soulève par conséquent aucune objection au point de vue de l'esthétique ; il s'ensuit qu'il n'y a pas lieu de prévoir de sitôt son remplacement par des canalisations souterraines. Jadis, on évitait le plus possible les branchements sur câble ; mais aujourd'hui, il n'y a rien à craindre à ce sujet ; c'est ce ce qui a rendu possible un système de distribution par conducteurs isolés.

La borne de jonction est donc un organe essentiel de la distribution ; il a été étudié de très près et construit avec soin. D'une façon générale, on utilise une borne de jonction toutes les fois qu'on peut

obtenir une dérivation de 90 à 100 mètres. Par conséquent, si l'on estime que trois lignes d'abonnés devront partir de chaque poteau, on y installe une borne de jonction, ou, au moins, on en installe une tous les deux poteaux. D'autre part, en ce qui concerne les frais d'installation, lorsqu'on place à l'avance les bornes de jonction, on réalise une économie de temps et de main-d'œuvre pour le jour où il faudra poser les lignes d'abonnés.

On peut résumer ainsi les avantages de ce mode de distribution :

1° Il est possible d'employer des poteaux de faible hauteur puisque les branches d'arbre ou autres obstacles sont sans effet sur les conducteurs isolés, contrairement à ce qui se passe avec du fil nu.

2° On n'a plus besoin de traverses ; les isolateurs et les consoles dont on se sert n'entraînent pas des dépenses exagérées.

3° Il y a moins de risques de contact avec les circuits à haute tension.

4° Les contacts, les court-circuits sont évités ; d'où interruptions moins fréquentes et diminution des frais d'entretien des circuits.

5° Il n'existe aucune épissure entre la borne de jonction et le poste de l'abonné.

6° Le « bourdonnement » des fils électriques est considérablement réduit.

7° Les phénomènes d'induction sont quasi supprimés, car les rotations sont parfaites.

8° L'attente imposée aux personnes qui ont souscrit un abonnement est de courte durée.

9° Les frais de pose des lignes privées sont insignifiants une fois que les câbles ont été mis en place.

En ce qui concerne le paragraphe (4) ci-dessus, on doit signaler que la dernière portée de fil nu est toujours le siège de dérangements fréquents.

Pour la construction des lignes, on se sert plus souvent des automobiles en Amérique qu'en Angleterre. Les raisons semblent être les suivantes : a) les camions et voiturettes coûtent moins cher ; b) l'essence est vendue au détail à un prix qui est environ le tiers du prix exigé en Angleterre ; c) les distances à parcourir sont

beaucoup plus grandes ; *d*) la main-d'œuvre employée pour la construction et l'entretien des lignes touche des salaires plus élevés ; *e*) dans certains districts, où les moyens de transport sont rares, on ne saurait se passer d'automobiles. On se sert couramment de camions de trois tonnes pour transporter en même temps le personnel et le matériel. Généralement, tout chef d'équipe (qui a de 10 à 20 hommes sous ses ordres), dispose d'une voiture automobile à deux places ; les motocyclettes ne sont pas très employées par le personnel chargé des dérangements. Le camion d'une équipe d'ouvriers des lignes aériennes est un véritable magasin roulant. Le transport par automobiles s'est développé au point que les compagnies ont agencé d'importants garages où un personnel spécial s'occupe des réparations. La « New-York Telephone Cy » par exemple possède plus de 1.000 véhicules automobiles ; 250 mécaniciens sont chargés de les entretenir en bon état et de les réparer en cas de besoin. Les dépenses entraînées de ce fait paraissent justifiées, vu le meilleur rendement obtenu.

Importance de l'entretien des circuits. — En Amérique, l'entretien des lignes joue un rôle capital ; avant la guerre, il ne fallait jamais plus de deux heures pour réparer un circuit dans les plus grandes villes. On était arrivé à un aussi beau résultat, en groupant dans un même central les services et appareils de mesures. A New York par exemple, c'est le même central qui effectue les essais pour le compte de 20 centraux téléphoniques, lesquels desservent 260.000 abonnés environ ; les choses se passent exactement comme si les appareils de mesures étaient installés dans chacun des vingt centraux.

Rapidité et qualité du travail de construction. — On finira par une remarque qui s'impose lorsqu'on a étudié de près la construction des circuits téléphoniques aux États-Unis. Lorsqu'on voit avec quelle rapidité les travaux sont exécutés, on pense que la qualité doit forcément être inférieure. Tel n'est pourtant pas le cas. Il existe plusieurs raisons à cette union surprenante de la rapidité et de la qualité d'exécution. Le rendement est supérieur parce que les ouvriers sont toujours prêts à se servir des machines et instruments qui économisent la main-d'œuvre, et qu'ils en tirent le maximum de ce

qu'on peut en attendre. Il existe bien là-bas des « trade-unions, » mais elles ne constituent pas une entrave au rendement. Les ouvriers acceptent volontiers toutes les suggestions tendant à accélérer le travail, car ils savent qu'en définitive ils ont intérêt à faire diminuer les frais de construction. C'est pour cela que la plupart des ouvriers des grandes compagnies sont payés comme les autres employés et non à l'heure. Chaque samedi, ils reçoivent le salaire de la semaine et bénéficient en outre d'avantages spéciaux (vacances payées, indemnités en cas de maladie, retraites, etc.) qui attirent les gens sérieux. Un autre stimulant, c'est la possibilité d'être promu à un emploi supérieur dans chaque catégorie. Il est vrai que dans le « Bell system » quiconque est jugé apte à remplir un emploi supérieur, est sûr de l'obtenir. On trouve parmi les épisseurs d'anciens élèves des universités; ils débutent dans cet emploi, mais on peut être certain qu'ils n'ont pas l'intention d'y moisir. La durée des vacations est courte, mais lorsqu'ils sont de service, les ouvriers travaillent vite et bien.

Les nouveaux câbles téléphoniques souterrains anglais (*The Electrician* : janvier 1922). — Un nouveau câble téléphonique souterrain vient d'être posé entre Liverpool et Manchester. Il est formé de 160 paires de conducteurs en cuivre, dont le poids par mille (1609 m.) est de 40 livres (18 kg. 140); sa longueur est de 58 km. 750. On dut le poser par sections relativement courtes; pour raccorder les fils, il a fallu effectuer environ 160.000 joints soudés, qui tous ont été essayés électriquement. Grâce aux procédés de charge et d'équilibrage employés, l'efficacité de transmission de ce long câble téléphonique est équivalente à celle d'un câble standard long de 15 kilomètres. Un deuxième câble est sur le point d'être posé entre Manchester et Londres.

Si l'on compare les conditions actuelles à celles qui existaient en 1896, lorsque les lignes interurbaines furent rachetées par le Post Office, on voit qu'à cette époque il n'y avait que 23 circuits entre Liverpool et Manchester; treize de ces circuits avaient été construits par la National Telephone C°, cinq par la Mutual C°, et cinq par le Post Office. Ces vingt-trois circuits étaient posés sur poteaux;

il était rare que tous fussent en état de fonctionner en même temps. Avant que le nouveau câble fût posé, les deux villes étaient reliées par 173 circuits interurbains dont 132 étaient souterrains et 41 aériens. Le nouveau câble et les anciens circuits donnent un total de 333 lignes interurbaines, dont 292 souterraines et 41 aériennes.

Le Central radiotélégraphique de New-York (*Radio Review* : janvier 1922). — A 112 kilomètres environ de New-York, près de Port Jefferson (Long Island), se poursuit l'installation d'une puissante station radiotélégraphique, qui a reçu le nom de *Radio Central* et qui servira à écouler le trafic international. La nouvelle station a été construite pour accroître les facilités de communica- cation de l'Amérique. Un service régulier fonctionnera avec la Grande-Bretagne, la France, la Norvège, l'Allemagne et divers autres pays d'Europe et de l'Amérique du Sud. La station occupe une superficie supérieure à 2 hectares 1/2 ; une fois achevée, elle comprendra plusieurs groupes d'antennes distincts, dont chacun sera relié à des dispositifs de transmission qui permettront l'échange simultané de plusieurs communications dans diverses directions.

Comme toutes les stations nouvelles, celle-ci comprend trois postes distincts, reliés directement entre eux et commandés à distance, à savoir : le poste d'émission, le poste de réception et le central télégraphique. Les deux postes radiotélégraphiques sont installés à Long Island, et le central télégraphique dans la ville même de New-York. Les appareils d'émission se trouvent a Rocky Point, à environ 12 km. à l'est de Port Jefferson, côte septentrionale de Long Island ; la station réceptrice est installée à Riverhead (Long Island) à 25 km. environ de la station émettrice ; elle a été équipée de telle façon qu'elle puisse recevoir simultanément autant de messages que le poste d'émission peut en transmettre en même temps à destination de divers pays. Le bureau central télégraphique est installé au n° 64 de Broad Street, New-York ; il a été pourvu de dispositifs de commande à distance lui permettant d'actionner directement, de New-York, les appareils de transmission de Rocky Point. Les signaux d'arrivée, reçus à Riverhead, sont également transmis *automatiquement* au central de New-York par les lignes terrestres. Ces

signaux sont reçus au son ou sur des appareils enregistreurs automatiques.

Les travaux de construction de la station Radio Central commencèrent en juillet 1920; en octobre 1921 furent transmis les premiers télégrammes d'essais par la première partie de la station. C'est un record dans la construction d'une installation à grande puissance.

Les devis primitifs prévoient la construction d'un système rayonnant composé de 12 groupes d'antennes, chacun correspondant aux divers pays correspondants; les groupes d'antennes seront disposés autour de la centrale génératrice comme les rayons d'une roue autour du moyeu. A l'heure actuelle, deux groupes seulement ont été construits; chacun d'eux comprend 6 pylônes, hauts de 125 mètres et construits à 380 mètres l'un de l'autre. Chaque pylône représente 152 tonnes d'acier environ, soit, pour les 12 pylônes, 1824 tonnes. Les traverses qui, en haut des pylônes, supportent les fils d'antenne, ont une longueur de 45 mètres. Les pylônes et la carcasse métallique des bâtiments de la station ont été construits par l'American Bridge C° sous le contrôle de la J.C. White Engineering Corporation de New-York. Les lignes de transmission à 23,000 volts, de Port Jefferson, permettent d'alimenter la station.

Les antennes sont du type Alexanderson à accord multiple, c'est-à-dire qu'elles sont pourvues, sur toute leur longueur, de prises de terre comprenant chacune une bobine d'accord. Les bobines d'accord sont installées en plein air.

Les fondations des 12 pylônes ont absorbé 8.250 tonnes de béton; le bloc de béton, au pied de chaque pylône, a une surface de 33 mq.; la base se trouve à 2 m. 75 au dessous du niveau du sol.

Chaque traverse porte 16 câbles en bronze silicieux de 1 mm. de diamètre; il a fallu 80 km. de ce fil pour garnir les 12 traverses des deux groupes d'antennes. Pour constituer les prises de terre, on a enterré déjà 725 km. de fil de cuivre. On poursuit actuellement la construction des autres groupes d'antennes qui comprendront finalement 72 pylônes.

La première partie de l'usine génératrice est au centre de la ligne de pylônes; elle recouvre une surface de 40 mètres de long sur 20 mètres de large; elle comprend deux alternateurs à haute fré-

quence de 200 kilowatts avec tous les organes auxiliaires. Ces machines (ainsi que les tableaux de distribution, bobines d'accord, etc...) ont été construites par la General Electric C° d'Amérique; elles peuvent débiter 200 kilowatts pour toute longueur d'onde comprise entre 15.800 et 20.000 mètres.

La transmission s'effectue au moyen d'amplificateurs magnétiques Alexanderson associés à des condensateurs et à des transformateurs à haute fréquence. Ces appareils permettent de transmettre à une vitesse moyenne de cent mots par minute; avec l'équipement actuel, la station peut donc émettre deux cents mots par minute.

La station a été inaugurée le 5 novembre 1921 par le président Harding, qui fit transmettre un message à toutes les stations radiotélégraphiques du monde. Les accusés de réception du message présidentiel prouvent que les signaux émis par la nouvelle station peuvent atteindre tous les points du globe puisqu'ils ont été reçus en Europe, en Australie, en Amérique du Sud et au Japon.

Le personnel qui, sous les ordres d'un ingénieur, exploite la station, est logé dans un bâtiment à un étage, comprenant seize chambres individuelles, un salon, une salle à manger, une salle de réunion. Une fois terminée, l'installation comprendra dix alternateurs à haute fréquence Alexanderson, qui pourront fournir ensemble une énergie de 2,000 kilowatts.

Téléphones haut-parleurs dans les centrales électriques (*Electrical World* novembre 1921). — Le bon fonctionnement des usines électriques à vapeur ou hydrauliques dépend pour beaucoup d'une étroite collaboration entre les opérateurs et les graisseurs, ou entre les ingénieurs et les chauffeurs. De même la coopération des chefs de station et du « dispatcher » influe sur la bonne marche du service sur l'ensemble du réseau. La "San Joaquin Light and Power Corporation" a entrepris de doter ses diverses centrales d'appareils modernes de signalisation et d'intercommunication.

Une première tentative dans ce sens fut faite, il y a plusieurs années, par l'installation d'un téléphone haut-parleur dans le bureau du "dispatcher" à Fresno. Comme c'est fréquemment le cas aujour-

d'hui, les lignes téléphoniques de la "San Joaquin" sont posées sur les mêmes appuis que les fils à haute tension, et par suite, sont plus ou moins exposées aux phénomènes d'induction. Il ne saurait être question d'installer sur ces lignes privées des translateurs et répéteurs comme on le fait couramment sur les circuits téléphoniques interurbains, car ici, les défauts des circuits d'énergie occasionnent fréquemment des troubles à haute tension.

Parmi les appareils utilisés, le « téléphone merveilleux » (*wonderphone*) est construit pour transmettre un gros volume d'énergie et pour amplifier considérablement les courants d'arrivée. Il a permis d'échanger des communications sur des lignes qu'il était impossible de desservir au moyen d'appareils téléphoniques ordinaires. Le « dispatcher » n'est plus obligé de tenir le récepteur à la main ; il dispose donc de ses deux mains pour compulser les dossiers et les fiches ; en outre, son oreille ne souffre plus des claquements secs qui se produisent fréquemment dans un récepteur ordinaire à la suite d'une décharge.

Jusqu'à l'avènement du « Magnavox », l'emploi d'un téléphone ordinaire dans les centrales électriques n'avait rien d'agréable (pour ne pas dire plus) sauf lorsque l'appareil était renfermé dans une cabine bien isolée. Les cabines gênaient plutôt la parfaite collaboration recherchée, surtout pendant la saison chaude, car l'opérateur n'aimait guère s'enfermer pour entamer avec le "dispatcher" une longue discussion sur les conditions actuelles du trafic. Mais la cabine présente un inconvénient autrement sérieux : elle oblige l'opérateur à s'éloigner du tableau de distribution ; or, pendant qu'il est dans la cabine, il peut se produire un accident qui réclame sa présence immédiate au tableau.

Les stations de la "San Joaquin" sont munies de téléphones haut-parleurs. L'opérateur qui désire communiquer avec le mécanicien au sous-sol n'est plus tenu de quitter le tableau, et le mécanicien peut téléphoner sans perdre les machines de vue. Le graisseur dispose d'un téléphone installé dans la chambre des turbines. Les appareils dont il s'agit sont « anti local », et les trois hommes peuvent échanger des communications en dépit du bruit fait autour d'eux.

Câble téléphonique à travers les montagnes (*Telephone Press Service*, novembre 1921). — Les ingénieurs chargés de la construction du câble Philadelphie-Pittsburgh, qui vient d'être mis en service, ont eu à triompher de difficultés particulièrement sérieuses. Loin des voies ferrées, parfois même loin de toute route, il leur a fallu franchir des montagnes, des forêts vierges, de larges rivières pour poser le nouveau câble, qui prolonge le câble Boston-Philadelphie de 1.000 km. et détient actuellement le record de longueur des câbles téléphoniques du monde entier. Le caractère accidenté des régions très commerçantes comprises entre Philadelphie et Pittsburgh avait imposé la construction du câble qui comprend 300 circuits téléphoniques et 200 circuits télégraphiques. Pour porter l'ensemble des conducteurs placés bout à bout, il faudrait huit lignes complètes sur poteaux. Tous ces conducteurs sont réunis dans l'enveloppe d'un câble d'un diamètre inférieur à 8 centimètres

Le câble Philadelphie-Pittsburgh est une section du câble Boston-Chicago appelé à desservir toutes les grandes villes intermédiaires; on estime qu'avant longtemps il faudra 350 circuits pour relier Pittsburgh aux grandes villes traversées par le câble ; 175 suffisent actuellement.

Préparation des Annuaires téléphoniques aux États-Unis (*Telephone Press Service* : décembre 1921). — Il existe en service sur les réseaux du « Bell System » 1.500 annuaires, de format différent ; on estime à 25 millions environ le nombre des annuaires distribués annuellement aux États-Unis. Les dépenses occasionnées par la publication de ces documents s'élèvent chaque année à huit millions de dollars. La préparation, l'impression et la distribution des annuaires représentent une besogne formidable confiée à des spécialistes.

Les premiers centraux téléphoniques étaient si peu importants que les téléphonistes connaissaient par cœur les noms des divers abonnés. Un peu plus tard elles utilisèrent des fiches sur lesquelles étaient portés le nom et l'adresse des abonnés. Le premier annuaire des téléphones fut imprimé à New-York en 1879 : c'était un tableau portant le nom et l'adresse des 239 abonnés; ceux-ci n'étaient pas

inscrits dans l'ordre alphabétique; ils étaient groupés par profession. C'est au mois d'août de la même année que fut distribué, à New York le premier « annuaire » en forme de livre; il comprenait 47 pages indiquant le nom et l'adresse des 800 abonnés. Mais ce nombre augmenta rapidement, il devint nécessaire d'appeler les abonnés par leur numéro (et non plus par leur nom) et de donner aux annuaires téléphoniques leur forme actuelle.

Actuellement l'annuaire de New York compte 1.300 pages de 4 colonnes chacune. Cinq cent soixante-dix mille abonnés y sont inscrits. Tous les 4 mois, on distribue un million d'annuaires. Le papier, les caractères typographiques ont été choisis par des experts qui se sont efforcés de rendre l'annuaire le moins volumineux possible sans lui faire rien perdre de sa clarté.

L'annuaire téléphonique est en même temps une sorte de « bottin »; les noms et adresses des habitants y sont indiqués très exactement; il est consulté plus fréquemment que les indicateurs des rues et professions.

Appareils récepteurs des messages radiotéléphoniques d'information (*Telegr. und Fernsp-Technik*, décembre 1921). — Les progrès réalisés en téléphonie sans fil permettent de se passer d'un personnel spécialement entraîné à la lecture des signaux morse. Le Ministère des postes allemandes en a profité pour appliquer la radiotéléphonie à un service d'informations commerciales qui doit fonctionner pour la première fois en 1922. C'est la station de Kunigswösterhausen qui sera chargée de transmettre directement aux abonnés à ce service (banques, particuliers, etc.) les renseignements commerciaux tels que les cours des Bourses de New-York, Londres, Paris, Amsterdam etc., et les prix les plus importants sur les divers marchés du monde.

Les appareils nécessaires à la réception seront installés chez les abonnés qui les desserviront eux-mêmes. Cette condition a obligé à construire des appareils nouveaux, différents de tous ceux en service jusqu'ici aussi bien dans les centraux téléphoniques que chez les abonnés. Les nouveaux appareils répondent aux conditions suivantes :

1° leur coefficient de sécurité est très élevé ;

2° leur installation est facile ; les connexions sont simples ;



3° ils ne fonctionnent pas avec un courant local quelconque;

4° on peut s'en servir sans connaissances techniques spéciales;

5° ils ne nécessitent aucun soin particulier;

6° ils ne permettent pas de recevoir les radiotélégrammes.

Certaines de ces conditions n'étaient pas facilement réalisables, la troisième notamment qui oblige à se brancher sur le réseau local d'énergie. On dut inventer des dispositifs utilisables en courant continu, en courant alternatif et en courant triphasé, capables : 1° d'abaisser la tension à 6 volts pour le circuit de chauffage, à 50 volts pour le circuit de plaque; 2° de protéger efficacement le récepteur et les amplificateurs contre les bruits de la ligne haute tension.

Le poste récepteur comprend donc : un dispositif de branchement sur le réseau d'énergie, un récepteur spécial et, le cas échéant, des amplificateurs.

Trois maisons ont, en collaboration, trouvé un type de poste à lampes, qui a été agréé par le Ministère des postes d'Allemage et qui sera monté chez tous les abonnés au nouveau service radiotéléphonique.

Le mode d'emploi de l'appareil est des plus simples. A l'heure habituelle de transmission l'abonné manœuvre un commutateur pour se brancher sur le réseau d'énergie et décroche le récepteur. Un bouton à plusieurs contacts lui permet d'améliorer l'audition s'il en est besoin. Il ne faut pas se servir de l'appareil par temps d'orage. Lorsque la réception est terminée, l'abonné doit raccrocher et mettre son poste hors circuit; il évite ainsi une consommation inutile du courant et l'usure prématurée des lampes. L'Administration des télégraphes met à la charge de l'abonné les frais de remplacement des lampes utilisées mal à propos; l'abonné qui paie l'énergie nécessaire au fonctionnement de son poste a intérêt à le mettre hors-circuit sitôt la réception terminée.

Lorsque les lampes détectrices ou amplificatrices ne s'allument pas ou lorsqu'étant branché sur le réseau l'abonné n'entend rien à l'heure convenue, il doit aviser immédiatement le bureau télégraphique de sa résidence. Il est interdit aux abonnés de déplomber les appareils.

Les appareils téléphoniques en France (*Telephone Press Service*, novembre 1921). — En France, lorsqu'une personne désire souscrire un abonnement, il lui faut non seulement rédiger une demande et signer un contrat, mais encore choisir elle-même son appareil ; ce n'est pas une des particularités les moins curieuses du régime téléphonique français. Il en est ainsi parce que l'État français qui exploite lui-même les téléphones, ne fabrique pas les différents organes d'une installation. L'abonné éventuel n'a d'autre ressource que de s'adresser aux marchands d'appareils. Or, pour certaines raisons d'ordre politique, notamment pour qu'on ne puisse pas accuser le gouvernement de favoriser telle maison au détriment des autres — l'État agrée un grand nombre d'appareils de modèles divers. On peut se faire une idée de l'embarras dans lequel se trouvent ceux qui ne savent rien des caractéristiques et avantages des différents types d'appareils. Faute de données sur lesquelles ils pourraient s'appuyer pour choisir, ils s'en rapportent aux annonces plus ou moins alléchantes publiées dans les journaux.

Tous les techniciens se rendront compte de l'effet produit sur la qualité du service par cette diversité d'appareils. La standardisation est de règle en pareille matière ; surtout lorsqu'il s'agit de communications interurbaines, il y a un intérêt évident à ce que tous les appareils soient du même modèle. De plus, l'uniformité des installations facilite grandement leur entretien. On ne peut que plaindre les ouvriers français qui sont chargés de relever les dérangements dans des centaines d'appareils compliqués, de modèles parfois très différents.

Désireuse de remédier à ces inconvénients, l'Administration française se prépare à adopter un type de téléphone qui serait employé partout. Mais il est à craindre, la politique s'en mêlant, que ces bonnes intentions demeurent longtemps encore lettre morte.

Création d'écoles de téléphonie au Japon (*Telephone Press Service*, novembre 1921). — La facilité et la rapidité avec lesquelles les Japonais se sont assimilé la culture occidentale sont devenues proverbiales et prouvent surabondamment que le peuple nippon est apte au progrès. On peut en voir une nouvelle preuve

dans la décision récente du Ministère des Communications, de fonder plusieurs écoles où seront formées les téléphonistes. Cette mesure est opportune, car le service téléphonique japonais laisse aujourd'hui beaucoup à désirer au point de vue de la qualité et du rendement.

Il est probable qu'après règlement de certaines questions internationales, le Japon pourra comprimer ses budgets de la guerre et de la marine au grand bénéfice des installations téléphoniques qui ont besoin d'être considérablement développées.

Une église d'Amérique transformée en bureau central (*Telephone Press Service*, novembre 1921). — De temps immémorial les églises ont servi d'asile aux malheureux et aux blessés, aux époques de désolation ; mais c'est à une église de Puebla (Colorado) que revient l'honneur d'avoir ouvert ses portes toutes grandes, à la suite des inondations récentes, pour que l'Administration téléphonique puisse y installer un tableau de secours et rétablir les communications avec le monde extérieur. Les installations du central avaient été mises hors service par l'eau et le personnel avait en vain cherché un local pour loger les appareils ; le pasteur de l'église proposa le temple dont il avait la charge ; il fut immédiatement transformé en central téléphonique et télégraphique.

Les sermons du pasteur étaient accompagnés du bruit cadencé des appareils Morse et du murmure des opératrices.

Un deuxième câble téléphonique sous-marin entre l'Allemagne et la Suède (*E. T. Z.*, novembre 1921). — Depuis septembre 1921, la côte allemande est reliée à la côte suédoise par un nouveau câble téléphonique sous-marin qui améliorera considérablement les relations commerciales entre les deux pays. Un premier câble téléphonique avait été posé entre l'Allemagne et la Suède en 1919 (1). Ce câble comprend deux circuits combinés et donne par conséquent trois communications téléphoniques ; des amplificateurs sont installés aux deux bureaux d'atterrissage Stralsund et Malmö ;

(1) *Annales des P. T. T.*, mars 1920.

l'audition étant excellente, le trafic téléphonique entre l'Allemagne et la Suède s'est développé rapidement et l'ancien câble est devenu insuffisant pour écouler le trafic d'une manière satisfaisante ; d'où la nécessité d'établir de nouvelles liaisons. Le câble qui vient d'être posé est le plus long et le plus important des câbles téléphoniques sous-marins.

La construction du nouveau câble rappelle celle de son devancier, le câble de la Prusse Orientale (1). Toutefois l'âme est différente en ce sens que les trois circuits télégraphiques bifilaires sont constitués par des conducteurs formés de trois fils de cuivre de 0 mm. 8, et qu'on a supprimé l'armature en fil d'acier destinée à protéger le câble contre la pression de l'eau par des fonds qui atteignent parfois 35 et 40 mètres. Le nouveau câble renferme six circuits téléphoniques combinables disposés en trois groupes de deux circuits combinables câblés en étoile ; chaque conducteur est formé d'un toron comprenant un fil cylindrique de 1 mm. 45 et deux plats de 2 mm. 70 sur 0 mm. 35, dont la self-induction est augmentée d'après le procédé Krarup, au moyen d'un double enroulement de fil de fer doux de 0 mm. 2, placé autour de chaque fil. Le nouveau câble permet de desservir neuf communications téléphoniques, 6 par les fils métalliques et trois par les circuits combinés ; en outre il contient trois fils télégraphiques, et grâce au montage bien connu des circuits appropriés au télégraphe, trois liaisons télégraphiques sur les circuits téléphoniques combinés. Les constantes électriques du câble, ainsi que les valeurs mesurées en usine, de l'affaiblissement kilométrique et des autres constantes électriques des âmes téléphoniques, diffèrent très peu des mêmes quantités relatives au câble de la Prusse Orientale et, dans l'ensemble, elles sont même plus favorables. Les caractéristiques des âmes télégraphiques à deux conducteurs sont pour 1 km. et à 15° C : résistance inférieure à 24 ohms ; capacité de fil à fil inférieure à 0,061 microfarads, isolement $\geqslant$ 2.000 mégohms.

Pour protéger le nouveau câble, on a adopté une enveloppe remarquable par sa résistance mécanique. Elle est formée de deux gaines

(1) *Annales des P. T. T.*, juin 1921.

en plomb pur (sans étain), séparées par une couche de compound et dont l'épaisseur (2 × 2 mm.) est un peu plus forte que celle de l'enveloppe du câble de Prusse Orientale, pour compenser l'absence de l'enroulement protecteur. L'armature de l'enveloppe en plomb est exactement la même que pour le câble de la Prusse Orientale ; elle est formée de fils en fer profilé étamés de 5 mm.

Le câble a été posé par le navire câblier auxiliaire « Randulf Hansen » de l'Administration des Télégraphes du reich. Le diamètre extérieur est d'environ 49 mm. ; un kilomètre de câble pèse un peu plus de 10 tonnes. La longueur totale du câble sous-marin est de 119 km. 500 en chiffres ronds ; les deux points d'atterrissage se trouvent respectivement à environ 17 km. au nord de Stralsund, sur la côte poméranienne et à 10 km. à l'ouest de Trälleborg, sur la côte suédoise. Entre Stralsund et Zarrenzin et entre Kämpinge et Malmö (28 km.), la ligne sous-marine est prolongée par une ligne souterraine, ayant même âme qu'elle ; le câble terrestre suédois comporte en plus deux autres circuits téléphoniques combinables qui prolongeront à l'avenir l'ancien câble téléphonique actuellement relié à des circuits aériens (1) entre Kämpinge et Malmö. Entre Stralsund et Malmö, le câble a une longueur totale de 165 km. environ ; son affaiblissement total βl est en moyenne de 2,13 sur chaque circuit métallique et de 2,45 pour chaque combiné. Pour garantir une bonne audition lors des extensions futures, il a été nécessaire, comme pour le premier câble, d'installer deux postes d'amplificateurs (amplificateurs à deux étages), l'un à Stralsund, l'autre à Malmö. Grâce à ces installations, l'affaiblissement de la communication Berlin-Stockholm qui atteignait 5,58 pour les circuits combinants et 5,9 pour les combinés est réduit à 3,5 environ. A partir des deux postes d'amplificateurs, les circuits du câble sont aériens. Du côté suédois, dans la guérite de Kämpinge, le câble se termine par un manchon ; les circuits sont reliés au moyen de câbles sous gutta au manchon qui renferme les extrémités des circuits du câble terrestre de prolongement. Ceci permet la permutation

(1) *Annales des P. T. T.*, mars 1921. Ces circuits aériens ont donné de grandes difficultés pour l'équilibrage des relais.

des circuits entre le nouveau câble terrestre et les deux câbles sous-marins. Du côté allemand, le câble sous-marin est réuni au câble terrestre par un manchon ; le câble terrestre se termine également par un manchon dans le bureau télégraphique de Stralsund. C'est en cette ville, ainsi qu'à Malmö, que se trouvent les dispositifs de translation qui permettent d'utiliser, pour la télégraphie, les circuits téléphoniques combinés.

La pose du câble sous-marin s'est faite en partant de la côte suédoise ; les deux sections dont les longueurs sont respectivement de 58 et 48 km. ont été raccordées au moyen d'un manchon analogue à celui employé lors de la pose du câble de Prusse Orientale. Quelques semaines auparavant, on avait procédé à la pose du câble d'atterrissage (fortement armé et long de 13 km. 100), au moyen d'un chaland et d'un remorqueur ; ce câble avait été ancré à une profondeur suffisante afin que plus tard on pût le traîner à bras d'hommes à travers le chenal large de 430 mètres et l'amener à 2 km. au large de la côte, les bancs de sable rendant impossible l'accostage du bateau. Le conditions locales obligèrent à couper le câble au nord du banc, de sorte qu'on compte trois manchons de raccordement pour l'ensemble du câble.

Les travaux de pose se terminèrent par le raccordement des deux sections de câble côtière et sous-marine fait à bord du câblier. Le nouveau câble ne sera pas mis en service immédiatement, car il reste à construire les portions de ligne en câble terrestre et en fil nu, ainsi qu'à installer les amplificateurs ; en attendant l'inauguration du câble, une partie des circuits téléphoniques sera mise en service en recourant à des liaisons de secours. Le nouveau câble renferme des circuits télégraphiques susceptibles d'être exploités au moyen d'appareils rapides.

Service radiotélégraphique extra-rapide (*Deutsche Verkehrs-Zeitung*, janvier 1922). — L'Administration des télégraphes a décidé de mettre à l'essai un service radiotélégraphique extra-rapide qui fonctionnerait d'abord entre les villes où il existe déjà des stations émettrices et réceptrices. A partir du 10 janvier 1922, des essais préliminaires auront lieu entre Berlin et Hambourg tous les jours ouvrables de 9 à 19 heures.

Pour réduire le plus possible le délai qui s'écoulera entre le dépôt et la remise d'un « blitzfunk-telegramm », il a été décidé que le nombre des mots serait de 30 au maximum ; de plus ne seront acceptés provisoirement que les messages à destination d'une ville dotée d'une station radiotélégraphique ; enfin il conviendra que le destinataire soit abonné au téléphone. Dans le préambule figurera, suivant le cas, la mention : « Blitzfunk-Hambourg » ou « Blitzfunk-Berlin ». Le nom du destinataire et, le cas échéant, son numéro d'appel seront portés en tête du texte.

L'administration des télégraphes prendra de son côté toutes les mesures susceptibles d'accélérer la transmission. C'est pourquoi le tarif de ces télégrammes extra-rapides sera nécessairement élevé ; pendant la période d'essai, il sera de 50 marcs par mot avec minimum de 500 marcs.

Si les essais donnent satisfaction le nouveau service sera étendu ultérieurement aux autres villes possédant ou non une station radiotélégraphique.

Désaimantation partielle des aimants abandonnés au repos ou soumis à des chocs (Claudius Shenfer : *The Electrician*, août 1921). — Si après avoir aimanté jusqu'à saturation une pièce d'acier en forme de barreau ou de fer à cheval, on l'abandonne à elle-même pendant plusieurs jours, le flux magnétique rémanent diminue dans une certaine proportion, et cette variation est de moins en moins sensible. On observe ce phénomène de « vieillissement » magnétique pour toutes les variétés d'acier magnétique connues, mais à un degré plus ou moins accentué. Toutefois, il existe plusieurs procédés permettant d'obtenir un aimant réellement permanent, dont la force ne variera pas avec le temps, et qui sera insensible aux chocs, aux variations de température et aux effets des champs magnétiques extérieurs.

Voici l'une des méthodes en question : l'aimant saturé est abandonné à lui-même pendant plusieurs mois, même pendant plusieurs années jusqu'à ce que ses molécules atteignent un état stationnaire et que le magnétisme rémanent cesse de décroître. Une autre méthode, aux résultats plus rapides, consiste à « vieillir » l'aimant

artificiellement. A cette fin, l'aimant est plongé pendant 20 ou 24 heures dans l'eau bouillante, puis exposé à des chocs mécaniques, etc.

Désaimantation partielle et vieillissement.. — La désaimantation partielle d'un aimant saturé au préalable, produit sensiblement les mêmes effets que le vieillissement artificiel. Cette particularité de la désaimantation partielle est connue depuis longtemps, mais jusqu'ici on n'a pas défini de façon ferme le rapport qui existe entre ce phénomène et les pertes d'aimantation produites par chocs ou sous l'effet des champs magnétiques extérieurs. Le but de la présente étude est précisément de trouver ce rapport et d'indiquer, par des exemples, quel degré de désaimantation partielle produira la perte minima d'aimantation.

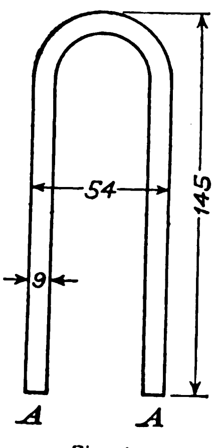


Fig. 1.

Nous avons étudié successivement trois aimants en fer à cheval de même taille, mais de composition différente : les aimants N_1 et N_2 étaient en acier et l'aimant N_3, en fonte moulée. Tous trois avaient été trempés à l'eau.

La figure 1 représente un de ces aimants. Le tableau I indique la force coercitive H_c, l'induction magnétique résiduelle B_c en circuit *fermé* et l'induction résiduelle B en circuit magnétique *ouvert*. La fermeture du circuit magnétique de l'aimant en fer à cheval était effectuée au moyen d'une pièce en fer doux de surface polie.

TABLEAU I

Aimants	B_c	B	H_c	Métal
N_1	11.700	7.200	43	Acier
N_2	10.400	8.000	50	acier
N_3	5.700	3.800	50	Fonte moulée

Détail des expériences. — Les expériences furent conduites comme suit :

1) A l'aide de deux bobines d'aimantation disposées autour de chaque pôle A (fig. 1) on aimantait le fer à cheval jusqu'à saturation ; le circuit magnétique était fermé à travers l'armature.

2) On ouvrait le circuit en retirant l'armature et, à l'aide d'un galvanomètre balistique, on mesurait l'induction résiduelle B.

3) On soumettait l'aimant à des chocs mécaniques en le laissant

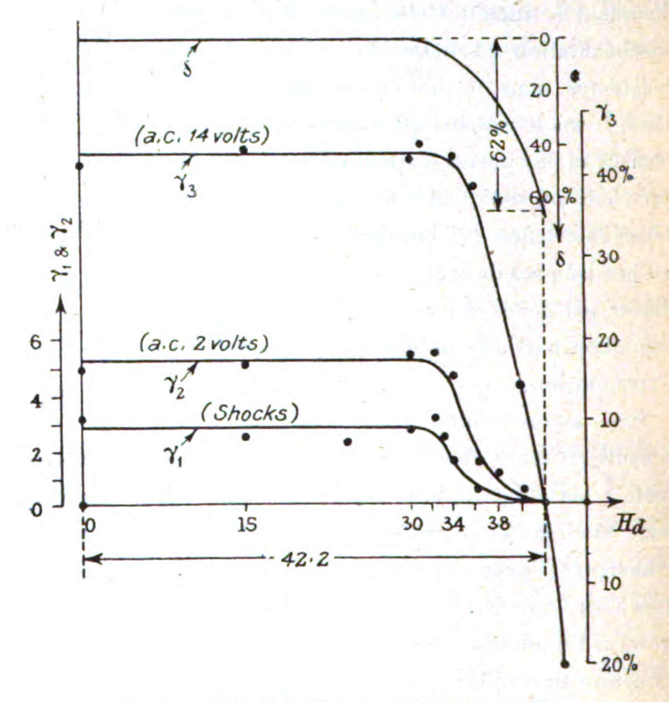


Fig. 2. — Résultats obtenus avec l'aimant N_1.

tomber dix fois de suite, d'une hauteur de 1 m., sur un madrier en sapin, puis on mesurait l'induction résiduelle B. On constatait alors que le pourcentage de la diminution de l'induction magnétique était donné par la formule :

$$\gamma_1 = \frac{B - B'}{B} \times 100$$

4) On saturait l'aimant à nouveau et on le soumettait à l'action démagnétisante d'un champ magnétique constant H_d ; les deux opérations s'effectuaient en circuit magnétique fermé. Puis on

mesurait l'induction résiduelle B_d (en circuit magnétique ouvert). La diminution de l'induction produite par la désaimantation partielle était reconnue égale à :

$$\delta = \frac{B - B_d}{B} \times 100$$

5) L'aimant étant traité mécaniquement comme ci-dessus, on mesurait son induction résiduelle B_d ; la perte d'aimantation γ_1 était trouvée égale à :

$$\gamma_1 = \frac{B_d - B'_d}{B_d} \times 100$$

6) On répétait les expériences (5) et (6) en utilisant des forces démagnétisantes H_d différentes.

On trouvera sur le tableau II les résultats des expériences effectuées avec l'aimant N_1. La figure 2, où ces résultats sont reproduits schématiquement, indique comment la valeur de γ et de δ varie avec le champ magnétique H_d.

TABLEAU II

Champ démagnétisant	Après saturation	Après désaimentation part.	Après les chocs	Pourcentage des pertes dues aux chocs	Diminution de l'induction due à la désaimantation partielle
H_d	B	B_d	B'_d	δ_1	δ
0	7.200	7.200	6.980	3,05	0
15	»	7.200	7.030	2,37	0
30	»	7.200	7.010	2,67	0
32	»	7.200	6.980	3,05	0
37	»	7.070	6.970	1,42	2,23
35	»	6.860	6.800	0,88	4,70
36	»	6.520	6.710	0,76	9,40
38	»	5.750	5.760	0,17	20,2
40	»	4.680	4.670	0,21	35,0
42	7.200	3.170	3.170	0	57,5

Interprétation des courbes. — D'après la figure 2, on voit que lorsque H_d est inférieur à 32, les courbes γ_1 et δ sont parallèles à l'axe des abscisses. Nous pourrons interpréter ces courbes en nous reportant à la figure 3 qui représente une partie d'un cycle d'hystérésis et la ligne de démarcation OA (« shear line ») de l'aimant

N_1 ; on voit que lorsque l'armature est enlevée, l'induction résiduelle passe de OD = 11.700 à OE = 7.200, en raison de l'effet démagnétisant produit par les pôles « libres » de l'aimant ; si, l'armature étant retirée, on soumet l'aimant à l'action démagnétisante du champ H_d, qui est inférieur à OC = 32, on obtient toujours la même valeur OE d'induction résiduelle ; mais nous obtiendrons une valeur inférieure à OE si nous désaimantons l'aimant à l'aide d'un champ $H_d > OC$.

Nous avons obtenu les courbes γ_2 et γ_3 de la figure 2, en étudiant

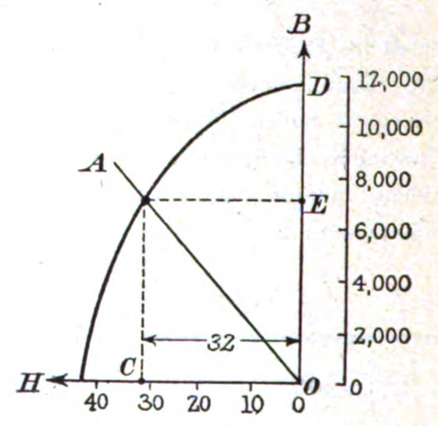


Fig. 3. — Cycle d'hystérésis de l'aimant N_1.

l'aimant dans un champ magnétique alternatif. On faisait passer le courant alternatif (avec $f = 50$) dans le solénoïde d'aimantation. Dans l'un des cas (courbe γ_2) la tension du courant v était égale à 2 volts ; dans l'autre cas (courbe γ_3) la tension — v était égale à 14 volts (1). Pendant l'expérience effectuée dans le champ alternatif, le circuit magnétique était ouvert.

(1) Connaissant le nombre de spires du solénoïde d'aimantation $w = 1020$, la surface de la section de l'aimant $\theta = 3{,}15$ cm², et ignorant les résistances inductive et non-inductive dudit solénoïde, nous trouvons que l'amplitude de l'induction magnétique alternative est égale à :

$$B = \frac{v \times 10^8}{4{,}44 f \times w \times \theta} = \frac{2 \times 10^8}{4{,}44 \times 50 \times 1020 \times 3{,}15} = 282$$

De la même façon, pour $v = 14$ volts, nous trouvons :

$$B = 1950$$

D'après la figure 2, il est évident que les courbes γ_2 et γ_3 coupent l'axe des abscisses en un même point $H_d = 42,2$; elles passent ensuite dans la région des ordonnées négatives ; c'est-à-dire qu'en désaimantant partiellement l'aimant dans un champ magnétique $H_d > 42,2$, puis en le soumettant à l'influence d'un champ alternatif, nous obtenons un accroissement de l'induction résiduelle au lieu d'une diminution. Toutefois, avec une force $H_d = 42,2$, la valeur de l'induction résiduelle ne change pas.

Insensibilité aux chocs mécaniques. — Il s'ensuit donc que si

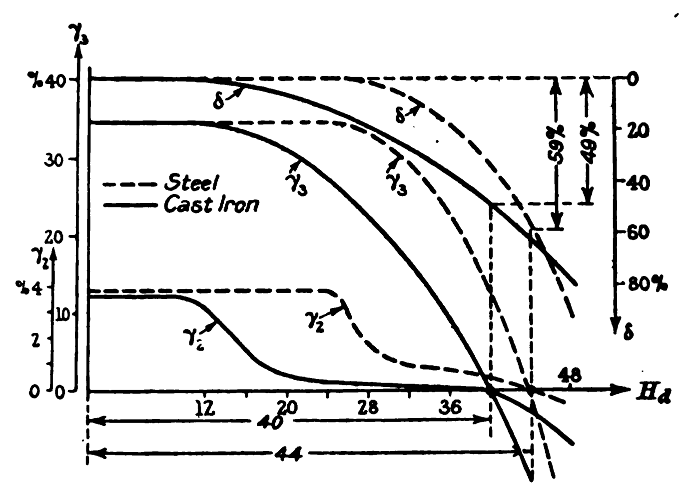


Fig. 4. — Aimants N_2 et N_3.

nous désirons rendre l'aimant N_1 absolument insensible aux secousses mécaniques et à l'effet des champs magnétiques extérieurs, nous devrons le désaimanter partiellement dans un champ magnétique $H_d = 42,2$. On voit sur la figure 2 que pour $H_d = 42,2$, l'induction résiduelle est considérablement réduite en comparaison de l'induction résiduelle à saturation ; par exemple $\delta = 60$ °/₀ approximativement.

La figure 4 reproduit les courbes γ_2 et γ_3 obtenues, pour les aimants N_2 et N_3, avec des courants de 2 volts et de 14 volts. Nous voyons que les courbes γ_2 et γ_3 de N_2 coupent l'axe des abscisses en un point $H_d = 44$, pour lequel $\delta = 59$ °/₀. Pour l'aimant N_3 nous avons $H_d = 40$ et $\delta = 49$ °/₀.

La figure 5 représente la variation de l'induction résiduelle produite par le champ alternatif à différents voltages (aimant N_1). La ligne des abscisses représente la valeur du voltage alternatif et la ligne des ordonnées, les variations correspondantes de l'induction résiduelle :

$$\gamma = \frac{B_d - B'_d}{B_d} \times 100.$$

La courbe 1 a été obtenue en désaimantant l'aimant dans le

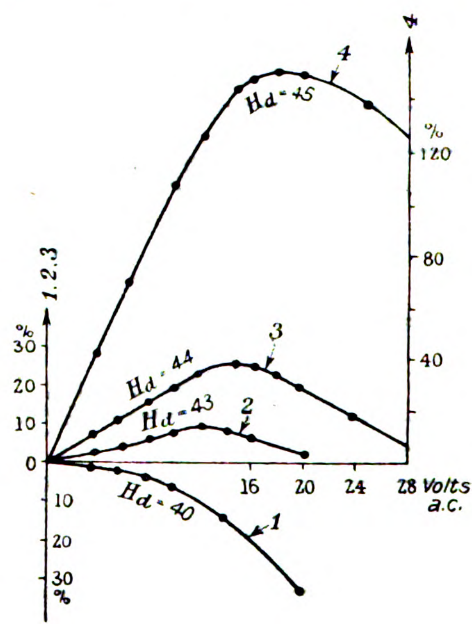


Fig. 5.

champ $H_d = 40$; la courbe 2 avec $H_d = 43$; la courbe 3 avec $H_d = 44$ et la courbe 4 avec $H_d = 45$.

L'examen de la figure 5 fait ressortir que plus l'aimant en essai est désaimanté, plus l'accroissement de l'induction résiduelle est prononcé. Ainsi, pour $H_d = 44$ (courbe 3) l'accroissement maximum de l'induction résiduelle est égal à 27 %, mais pour $H_d = 45$ (courbe 4) cet accroissement atteint 150 %.

Degré pratique de désaimantation partielle. — Reste la question de savoir jusqu'à quel degré nous devrons pousser la désai-

mantation partielle des aimants permanents des appareils de mesure (galvanomètres, voltmètres, ampèresmètres, etc.).

Pour pouvoir y répondre, l'auteur a effectué les expériences suivantes : 1° il aimanta jusqu'à saturation l'aimant en fer à cheval N_1, dans un circuit magnétique fermé ; 2° il ouvrit le circuit en enlevant l'armature, produisant ainsi une désaimantation partielle

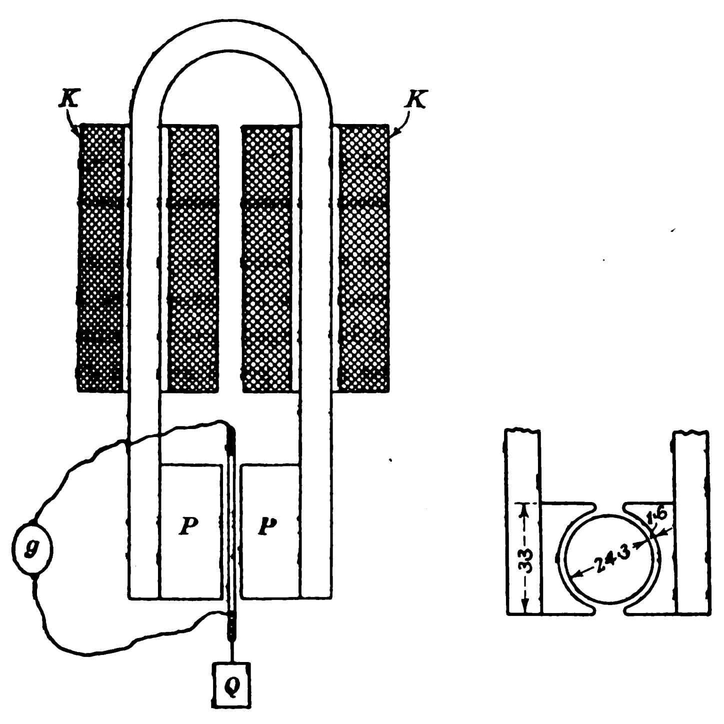


Fig. 6 et 7.

due à l'effet des pôles « libres » ; 3° il vissa sur l'aimant les deux pièces polaires P en fer. L'entrefer et les dimensions des pièces polaires avaient été calculés de telle façon que la résistance magnétique moyenne de l'aimant fût sensiblement égale à celle du galvanomètre représenté sur la figure 7 ; 4° il mesura ensuite le flux magnétique φ_1 de l'aimant. Dans ce but, le poids θ fut lâché et l'enroulement, formé de 20 spires de fil fin, fut relié a un galvanomètre balistique g (fig. 6) ; 5° l'auteur fit passer, pendant 30 secondes, un courant alternatif dans le solénoïde magnétisant K — K, le

voltage étant de 2 volts ; il calcula ensuite, d'après la méthode ci-dessus, le flux magnétique φ_2.

Les résultats sont consignés sur le tableau III.

TABLEAU III

Avant le passage du courant alternatif	Après le passage du courant alternatif	Pourcentage
φ_1	φ_2	$\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{\varphi_1} \times 100$
23.300	23.400	— 0,43

On voit qu'après les « chocs moléculaires » produits par le courant alternatif, et dans les conditions de l'expérience, il se produit un léger accroissement dans le flux magnétique de l'aimant.

Il résulte de ces expériences qu'un grand nombre d'aimants faisant partie d'appareils de mesures utilisés dans un circuit magnétique en partie fermé (voir *fig.* 7) ne doivent pas être désaimantés partiellement (1).

Dans le but de vérifier cette hypothèse, l'auteur effectua les mesures suivantes : 1° il satura l'aimant N_1, l'armature magnétique étant fermée ; 2° il ouvrit le circuit magnétique en retirant l'armature ; 3° il mit l'aimant en place dans le galvanomètre auquel il appartenait. Le circuit magnétique était fermé partiellement comme le montre la figure 7 ; 4° aussitôt après, l'auteur procéda au calibrage du galvanomètre et reconnut que pour un certain voltage

(1) A ce propos, on suppose que la grosseur des aimants diffère très peu de celle de ceux qui sont représentés sur les figures 1 et 7, et que les propriétés magnétiques se rapprochent de celles de l'aimant N_1 (tableau I). L'auteur n'a pas pu en étudier d'autres ; toutefois, il est d'avis que dans la majorité des cas, la désaimantation préalable sous l'action d'un courant continu des aimants utilisés dans les appareils de mesures est plus nuisible qu'utile. Il semble qu'on aurait quelque difficulté à trouver deux constructeurs d'instruments de mesures qui partagent le même avis sur cette question. C'est ainsi que l'auteur a examiné l'aimant d'un galvanomètre, sorti des usines Siemens et Halske de Berlin, dont la désaimantation était égale à 11,6 %, tandis que celle d'un galvanomètre fabriqué par la maison Kaiser et Schmidt, de Berlin également, était de 30 %.

aux bornes on lisait sur l'échelle $n = 100$ divisions ; 5° il plaça le galvanomètre dans une grande bobine M (fig. 8) dans laquelle il fit passer un courant alternatif pendant 30 secondes (1) ; au calibrage de l'appareil il constata un léger acrroissement du flux magnétique

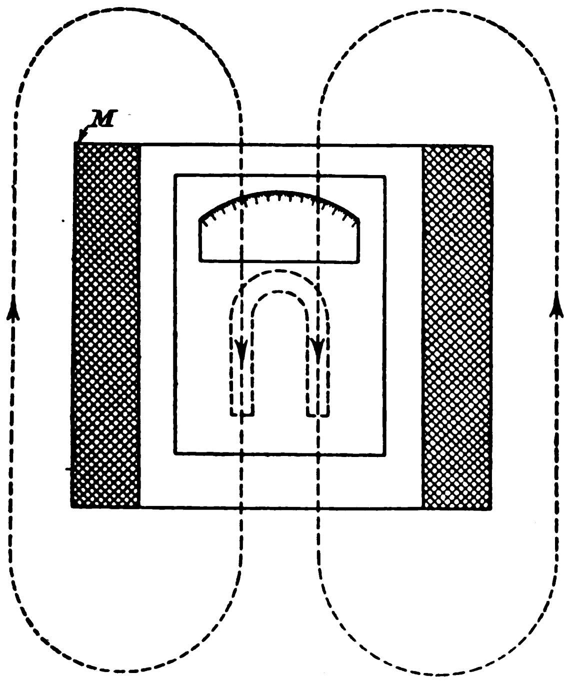


Fig. 8.

de l'aimant. Avec le même voltage aux bornes, le galvanomètre indiquait non plus 100, mais 101 divisions.

On peut employer cette méthode pour vieillir artificiellement les aimants des appareils de mesures. En règle générale, ces aimants doivent être fermés pendant un certain temps, parfois même pendant un temps relativement considérable, afin de leur permettre d'atteindre l'état d'équilibre pour lequel il ne se produit plus de variations du flux magnétique.

Comme on le voit d'après la figure 8, il est possible de réduire

(1) Les dimensions de la bobine étaient les suivantes : diamètre intérieur = 245 mm., longueur = 210 mm. ; nombre de spires = 200 ; l'intensité du courant alternatif était de 5 ampères.

considérablement le temps nécessaire au vieillissement des aimants ne mettant à profit l'effet produit par un flux magnétique alternatif extérieur.

Le Magnétron (Albert W. Hull — *Journal of the A. I. of E. E.* — septembre 1921).

Introduction. — En vous présentant le benjamin de la famille des tubes à décharge électronique, je suis à la fois aidé et embarrassé par sa généalogie : aidé, parce que vous êtes déjà tous familiarisés avec les électrons, ce qui me dispense de perdre mon temps à vous expliquer le pourquoi et le comment de leur existence. Vous êtes con-

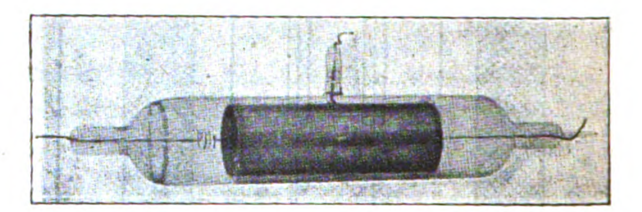


Fig. 1.

vaincus de l'existence de ces petits boulets de canon qui s'échappent du filament chauffé, qui parcourent le vide et viennent heurter la plaque. Vous les avez vus frapper l'anode en tungstène d'un tube à rayons X et l'amener au point de fusion en moins d'une seconde. La plupart d'entre vous admettent que lorsqu'un courant parcourt un fil, ce sont ces mêmes électrons microscopiques (et rien d'autre), qui circulent dans le conducteur comme l'eau dans une conduite.

Bien que les électrons comptent parmi vos connaissances techniques ils ne sont cependant pas *reconnus* à proprement parler. Ils appartiennent à la science magique qu'est la radiotélégraphie, au monde des microampères. C'est pourquoi, messieurs les ingénieurs, vous les regardez d'un air distant, comme des jouets et non comme des instruments scientifiques.

Il n'est pas extraordinaire que vous les considériez ainsi, mais pourtant vous ayez tort. Les appareils à électrons ne sont pas petits, ils sont simplement jeunes. Mais ils grandissent. Vous avez appris

qu'ils sont passés lentement des microampères aux milliampères. Il n'y a pas longtemps, ils passaient des milliampères aux ampères ; avant que vous ne vous en aperceviez, avant que vous ne les connaissiez à fond, vous serez tout surpris d'apprendre qu'ils ont atteint la région des kiloampères.

Mon intention est de vous parler ce soir du *magnétron*, en tant qu'appareil technique. Je vous dirai deux mots de quelques-unes de ses applications. J'espère, que mettant à profit votre grande expérience, vous saurez en découvrir d'autres.

Je commencerai par vous dire ce qu'est le magnétron ; ensuite pourquoi il existe, c'est-à-dire comment il fonctionne et comment il

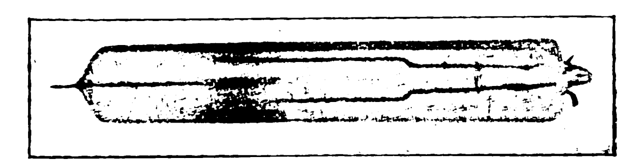


Fig. 2.

se rattache aux autres « trons » ; enfin quelles sont ses applications et ce que j'espère de ses applications futures.

Définition. — Comme le dit Lee De Forest, « *magnétron* » est un mot gréco-américain qui désigne un tube à vide commandé par un champ magnétique. Il appartient à la même famille que le *kénotron*. Le mot kénotron, (tous ceux qui ont fait du grec l'ont déjà deviné) signifie « objet qui ne renferme rien » ; c'est un terme générique que nous appliquons à tous les tubes thermoioniques. Comme exemples de kénotrons simples nous citerons : le tube à rayons X et le redresseur kénotron. Par pliotron, nous entendons un appareil qui amplifie ; par dynatron un générateur d'énergie et par *magnétron*, un appareil commandé par un champ magnétique.

Au point de vue de la construction, le magnétron est un simple kénotron dont les éléments sont disposés symétriquement autour d'un même axe. Il consiste : soit en un filament rectiligne entouré d'une plaque cylindrique (fig. 1), soit en une plaque rectiligne ayant la forme d'une tige entourée d'un filament hélicoïdal (fig. 2), soit enfin en trois organes : filament, grille, plaque, tous symétriques par

rapport à un même axe (fig. 3). La symétrie (nous entendons la symétrie par rapport à un axe commun) est indispensable. Nous en verrons la raison plus tard. C'est cette symétrie qui constitue la caractéristique essentielle appelée à distinguer le magnétron. Une deuxième caractéristique est essentielle pour rendre le magnétron pratique : sa forme doit être telle qu'elle permette d'appliquer facilement et économiquement un champ magnétique dans une direction parallèle à l'axe. On y arrive (voir fig. 1) en donnant au tube la forme d'un cylindre allongé, concentrique aux électrodes, ce qui permettra d'enrouler un solénoïde directement sur le verre,

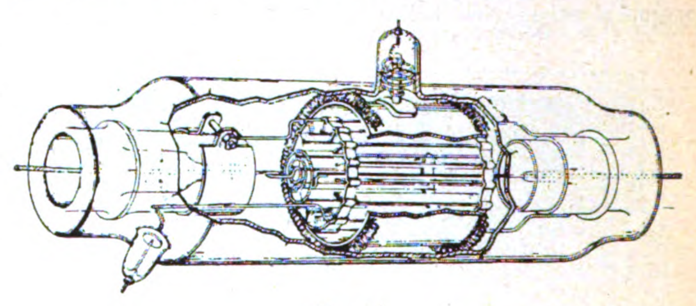


Fig. 3.

et en fendant la plaque longitudinalement, de façon à ce que le flux magnétique engendré par le solénoïde ne soit pas neutralisé par les courants de Foucault. La fente de la plaque prend une importance spéciale lorsqu'on a recours à des champs magnétiques alternatifs à haute fréquence.

Au point de vue électrique, le magnétron est une valve soumise à l'action d'un champ magnétique. On peut définir sa caractéristique de la manière suivante : si, entre le filament et la plaque, on applique un voltage constant, le courant qui traverse le tube n'est pas modifié par un champ magnétique inférieur à une certaine valeur critique, mais devient nul si le champ dépasse ladite valeur. Les lignes du champ magnétique doivent être parallèles à l'axe du tube.

Quelques exemples feront mieux comprendre cette caractéristique.

La figure 4 représente le tube et les connexions. La cathode est formée d'un filament rectiligne en tungstène et la plaque est de forme cylindrique. La pile B_1 sert au chauffage du filament et une autre

pile B_2 sert à appliquer un voltage constant entre le filament et la plaque, celle-ci étant positive. En somme cette disposition est celle d'un kénotron ordinaire, et si la température du filament est suffisamment élevée, un courant circulera à travers le vide ainsi que vous le savez tous. L'importance de ce courant dépendra soit de la température du filament, soit de la tension de plaque; peu importe laquelle des deux donne naissance au courant le moins intense.

L'adjonction d'un champ magnétique engendré par le solénoïde S agit également sur le passage du courant. Si la valeur du champ est inférieure à une certaine valeur critique, la totalité du courant cir-

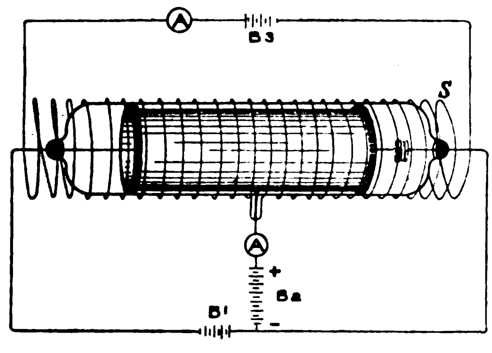
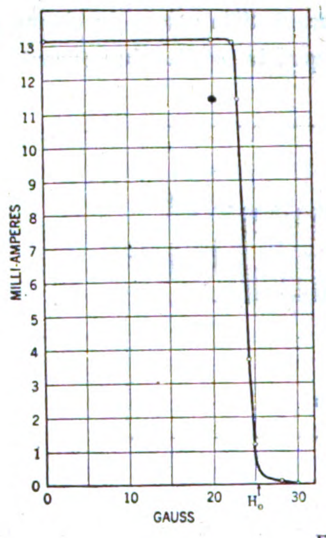


Fig. 4.

culera, limitée seulement par la température du filament ou la tension de plaque; si le champ est supérieur à cette valeur critique aucun courant ne s'établira. On peut donc comparer le rôle du champ magnétique à l'action d'une soupape en hydrodynamique, ou à celle d'un relais intercalé sur un circuit électrique. En réalité, le résultat serait le même si l'on remplaçait le tube de la figure 4 par une résistance et si le solénoïde S au lieu d'être placé autour du tube, servait à exciter un relais destiné à ouvrir et à fermer le circuit de la batterie B_2. Tant que le champ magnétique reste en-dessous d'une certaine valeur critique, le relais demeure fermé et le courant passe en totalité; lorsque le champ devient plus fort que cette valeur critique, il ouvre le relais et aucun courant ne circule. Le relais *magnétron* possède un double avantage : tous ses organes sont fixes et il n'est pas soumis aux lois de l'inertie; sa vitesse dépend

exclusivement du temps qu'il faut pour créer le champ magnétique ; il est facile de s'arranger pour que ce temps n'excède pas un millionième de seconde. Il présente l'inconvénient d'exiger la présence dans le circuit d'un tube à vide : c'est un relais dont la résistance est très élevée.

La figure 5 représente la caractéristique gauss-ampères. Les gauss (ou le nombre de lignes de force par cm²) sont portés en abscisses



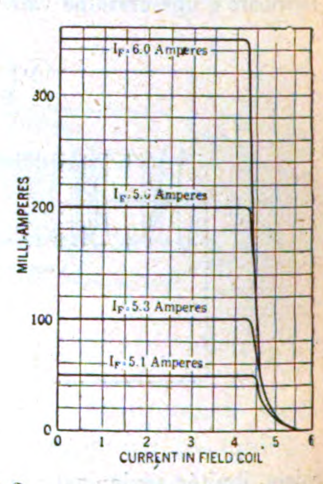
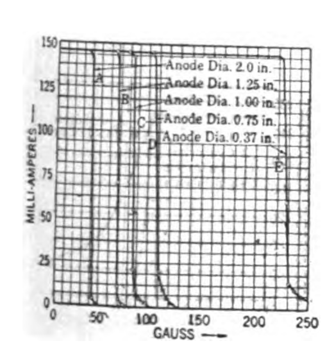


Fig. 5 et 6.

et le courant qui traverse le tube en ordonnées. Le diamètre du cylindre constituant la plaque est de 1 pouce 1/2 (1 pouce = 0m. 0253) et sa longueur de 4 pouces 1/2 ; le diamètre du filament rectiligne est de 4 « mils ». On voit que pour toutes les valeurs du champ inférieures à 23 lignes de force par cm², le tube est large ouvert et que le courant qui circule alors est le même que lorsque le champ magnétique était nul. Pour les valeurs supérieures à 25 lignes par cm², le tube est bouché et aucun courant n'y circule. Il convient de remarquer que le passage de la position « ouvert » à la position « fermé » ne s'effectue pas instantanément, par suite du manque de symétrie absolue. Dans un tube à vide très poussé et rigoureusement symétrique, la transition serait presque instantanée.

Sur la figure 5, le courant maximum est limité par la tension filament-plaque. Toutefois, l'effet produit par le champ magnétique est le même, que le courant maximum soit limité par la tension ou par la température. On peut s'en rendre compte sur la figure 6 qui représente les caractéristiques d'un même tube pour quatre températures du filament différentes. En ce qui concerne la courbe supérieure, la température est suffisamment élevée pour que le courant soit limité par la tension de plaque seulement. En ce qui concerne les trois



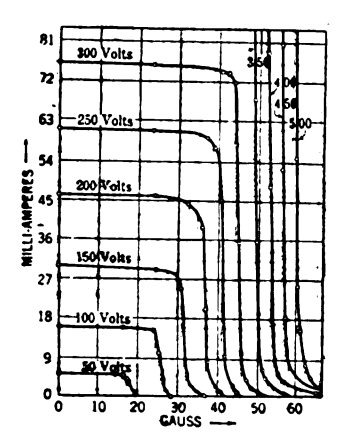


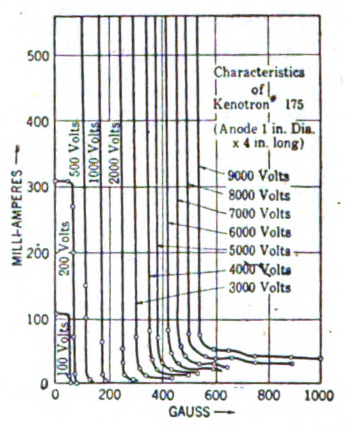
Fig. 7 et 8.

autres courbes, c'est la température du filament qui règle le passage du courant.

La valeur critique du champ magnétique, qui est juste suffisante pour fermer la valve, dépend du diamètre de la plaque et de la tension à travers le tube. Elle est inversement proportionnelle audit diamètre et directement proportionnelle à la racine carrée de la tension filament-plaque. On se rend compte de l'influence du diamètre de la plaque en examinant la figure 7 qui reproduit les caractéristiques de 4 tubes différents dont les plaques ont un diamètre qui varie entre 3/8 de pouce et 2 pouces, la tension étant la même. Les courants maximums dépendent de la température du filament dans les mêmes proportions. On voit qu'une plaque de 1 pouce de diamètre exige un champ deux fois plus intense qu'une plaque de 2 pouces; que celle de 3/8 de pouce exige un champ deux fois plus

intense que celle de 3/4 de pouce ; c'est-à-dire que le champ critique est inversement proportionnel au diamètre.

On peut suivre l'effet produit par les variations de la tension, en consultant les figures 8 et 9 qui représentent les caractéristiques d'un même tube à différents voltages. Dans le cas de la figure 8, la plaque de forme cylindrique avait un diamètre et une longueur de 2 pouces ; dans le cas de la figure 9, la plaque cylindrique avait un diamètre de 1 pouce et une longueur de 4 pouces. On remarquera que le champ



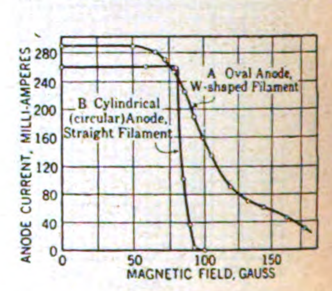


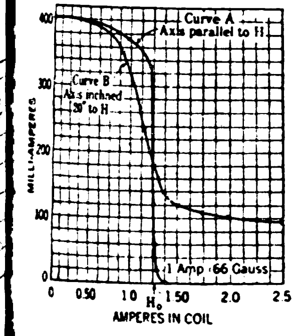
Fig. 9 et 10.

nécessaire pour fermer la valve à 500 volts et seulement moitié moins intense qu'à 2.000 volts et un quart de ce qu'il est à 8.000 volts, c'est-à-dire que le champ critique est proportionnel à la racine carrée de la tension. En raison de l'échauffement excessif de la plaque, on n'a pu prendre que les portions inférieures des courbes (fig. 9). A 9.000 volts, le plein courant était de 100 ampères. Sous l'effet du seul champ magnétique, il tombait à quelques milliampères.

La nécessité d'une parfaite symétrie dans la construction ressort de la figure 10. La courbe A se rapporte aux caractéristiques d'un magnétron à filament rectiligne, dont la plaque cylindrique a un diamètre d'un pouce et une longueur de 4 pouces, à 250 volts ; la courbe B à celles d'un kénotron dont le filament est en forme de W, et dont la plaque, de forme ovale, a les dimensions suivantes : épaisseur = 3/4 de pouce, largeur = 1 pouce 1/2 et longueur = 2 pouces.

La figure 11 montre la nécessité d'un parallélisme rigoureux entre les lignes du champ et l'axe du tube. La courbe A se rapporte aux caractéristiques d'un tube de 1 pouce sur 4 pouces dont l'axe est parallèle aux lignes de force du champ ; la courbe B, à la caractéristique du même tube, sous une même tension, lorsque les lignes du champ font avec l'axe un angle de 20°.

On peut rendre le magnétron plus sensible en plaçant la plaque à l'intérieur de la cathode et non plus à l'extérieur (voir fig. 2). La figure 12 représente le tube et le circuit. La cathode est constituée par un filament hélicoïdal en tungstène d'1/4 de pouce de diamètre ;



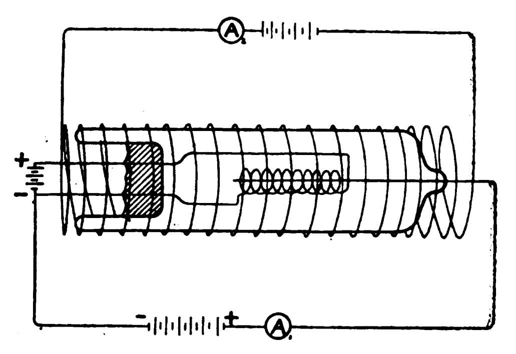


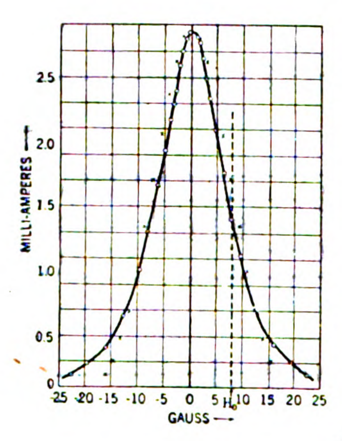
Fig. 11 et 12.

la plaque est constituée par un fil rectiligne en tungstène d'un diamètre d'1/100 de pouce. Le champ magnétique nécessaire dans le cas d'un magnétron à plaque interne est plus faible d'une quantité égale au rapport existant entre les diamètres du filament et de la plaque. Pour le tube de la figure 12 ce rapport est égal à 25, de sorte que le champ nécessaire pour fermer la valve est égal seulement à 1/25 de celui qu'il faudrait pour un tube à anode externe ayant les mêmes dimensions. Toutefois, l'arrêt du fonctionnement est moins brusque que dans un tube à plaque interne.

La figure 13 représente la caractéristique de ce tube à 110 volts. Pendant l'instant très court nécessaire aux mesures, on interrompait le courant de chauffage à l'aide d'un commutateur rotatif. De prime abord la courbe de la figure 13 paraîtra avoir une pente trop peu rapide pour présenter quelque intérêt. (Voir à ce propos la différence

avec les caractéristiques des tubes non symétriques représentées sur les figures 10 et 11.) Cependant, il convient de remarquer que les champs nécessaires sont considérablement plus faibles que dans le cas de ces deux figures, si bien qu'un champ dont l'intensité serait seulement 10 fois celle de la terre est suffisant pour réduire le courant de moitié ; on voit nettement que sous l'effet du champ magnétique terrestre l'ensemble de la courbe est décalé vers la droite de 6/10 de gauss.

La pente de la courbe dépend des vitesses initiales auxquelles les



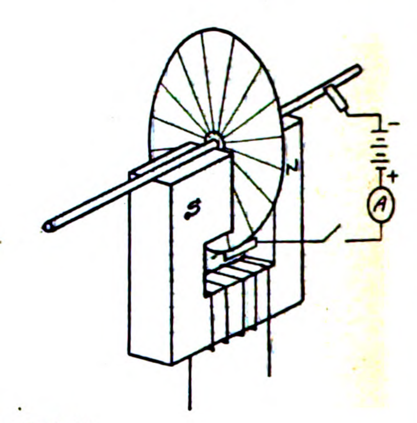


Fig. 13 et 14.

électrons sont émis par le filament. Ces vitesses initiales étant connues, il est possible de calculer leur effet. Sur la figure 13, les (+) indiquent les résultats obtenus par le calcul et les (*o*), les résultats obtenus expérimentalement. Pour des vitesses initiales très faibles, la caractéristique serait représentée par la verticale H_o. On se rapproche de cette condition en chauffant très peu le filament.

Théorie du magnétron. — Nous venons de voir ce qu'est le magnétron ; c'est une valve sans inertie, de résistance élevée, soumise à l'action d'un champ magnétique. Je vais maintenant essayer d'expliquer son fonctionnement.

Une simple comparaison fera mieux comprendre le fonctionnement du magnétron. Il est assimilable en effet à un moteur à courant continu tournant à vide. Pour éviter les commutateurs, nous pren-

drons le cas d'un moteur électrique unipolaire (fig. 14) composé d'un disque à rainures pouvant tourner entre les pôles d'un électro-aimant. Le courant part du disque et y revient grâce à des balais disposés respectivement sur son pourtour et sur son axe. Lorque le commutateur est sur contact un fort courant circule, ainsi que l'indique l'ampèremètre A ; le passage du courant à travers les lignes de force du champ magnétique engendre un couple qui met le disque en mouvement. La rotation du disque développe une force contre-électromotrice laquelle, si rien ne s'oppose au mouvement

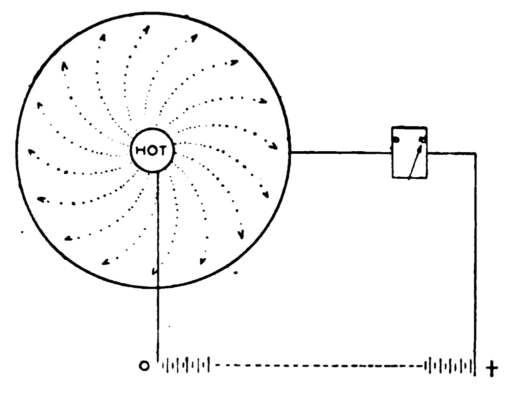


Fig. 15.

tournant, augmentera jusqu'à égaler exactement la f. é.-m. de la batterie et le courant qui traverse l'ampèremètre A tombera à zéro. En réalité le courant n'est pas absolument nul, à cause du frottement.

Je viens de décrire le fonctionnement du moteur en langage technique ordinaire. Je vais reprendre ma description plus en détail, en employant le langage des électrons mais sans introduire pour cela d'idées nouvelles. Au lieu de dire simplement que le courant circule lorsque le commutateur est abaissé, je serai plus précis en disant que les électrons circulent ; car ce sont eux (et rien d'autre) qui propagent l'électricité le long des fils ; ils vont du pôle négatif au pôle positif, en l'espèce de l'axe du disque vers sa périphérie. Le disque commence à tourner parce qu'un conducteur parcouru par un courant, et situé dans un champ magnétique, est soumis à une force mécanique. La force agit-elle sur le conducteur

ou sur le courant qui le parcourt ? On peut répondre à cette question d'une façon précise. La force agit sur les électrons et tend à les faire se déplacer suivant un mouvement curviligne et non radial. Or les électrons ne peuvent se mouvoir tangentiellement sans entraîner le disque avec eux ; en raison des rainures le disque commence à tourner. Même en l'absence des rainures, les électrons entraîneraient le disque par suite d'une certaine résistance électrique.

En tournant, le disque emporte les électrons et leur donne une vitesse tangentielle. Par suite, les électrons sont soumis à une com-

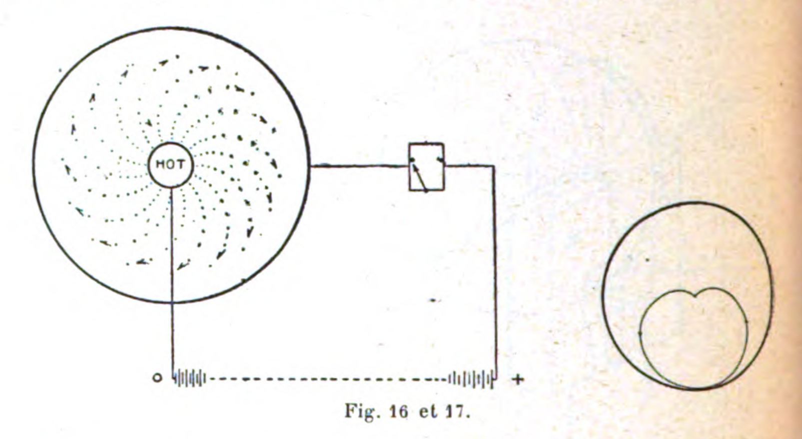


Fig. 16 et 17.

posante supplémentaire qui est perpendiculaire à cette composante tangentielle de la vitesse, c'est-à-dire dirigée vers l'intérieur, en opposition avec la f. é.-m. imprimée. Lorsque le disque atteint sa vitesse maxima s'il n'y a pas de frottement, le flux radial des électrons est arrêté complètement par la force contre-électromotrice. Leur mouvement devient exclusivement tangentiel et la force qui agit sur eux agit entièrement du dehors vers le dedans, contrairement à la f. é.-m. de la batterie. Nous nous trouvons donc dans le cas très simple d'un conducteur aux bornes duquel on applique une f. é.-m. et qui n'est parcouru par aucun courant. On explique l'absence de courant par la présence d'une force contre-électromotrice produite par le mouvement des électrons dans le conducteur à travers les lignes d'une force magnétique.

Pour en revenir au magnétron (représenté en coupe sur la fig. 15), il est évident que les électrons qui tendent à s'échapper suivant un

rayon, sous l'influence de la f. é.-m. appliquée, seront soumis à une force tangentielle qui tendra à les faire évoluer suivant une hélice, et que la composante tangentielle de la vitesse qui leur est ainsi imprimée réagira sur le champ magnétique (qui est normal au plan de la figure) pour produire une composante radiale de force agissant sur les électrons et dirigée vers le filament, contrairement à la f. é.-m. de la batterie. Si, comme on le voit sur la figure 16, le champ magnétique est suffisamment intense, cette force dirigée vers l'intérieur, et *due au mouvement circulaire des électrons*, fera précisément équilibre à la f. é.-m. imprimée par la batterie. C'est pourquoi, bien que soumis à une force électromotrice de 10.000 volts ou plus, les électrons, dont les mouvements dans le vide sont absolument libres, sont dans l'impossibilité d'atteindre la plaque. La force contre-électromotrice engendrée par leur mouvement circulaire est égale à la f. é.- m. appliquée.

La question se pose tout naturellement de savoir ce que deviennent les électrons qui errent ainsi dans le vide? Retournent-ils au filament, où continuent-ils à tourner sans répit autour de lui? La réponse est simple et précise : ils font l'un et l'autre. J'ai pu tracer approximativement leurs itinéraires et Langmuir a réussi à les calculer exactement, par déduction. On voit un itinéraire sur la figure 17 ; il est donné sensiblement par la formule :

$$r = R\,(\sin\,(^2/_3\,\theta))^{3/2}$$

L'électron évolue aussi près du cylindre qu'il le peut, suivant l'intensité du champ magnétique ; il revient au filament, retourne à la plaque cylindrique, etc... et toujours ainsi, ou seulement jusqu'à ce qu'il heurte une molécule gazeuse ou quelque partie non symétrique du tube. Généralement en moins d'un cent millionième de seconde, l'espace est rempli de ces planètes et leur répulsion réciproque empêche de nouveaux électrons de quitter le filament.

Le magnétron diffère du moteur à un double point de vue très important :

1° le mouvement des électrons n'est soumis à aucune résistance ni aux lois de l'inertie, en sorte que la force contre-électromotrice agit aussitôt que le voltage est appliqué ; elle est exactement égale à ce dernier;

2° il existe une valeur critique du champ magnétique au-dessous de laquelle la force contre-électromotrice dans le magnétron ne peut égaler une f. é.-m. appliquée donnée : la valve ne se ferme pas. Pour des valeurs du champ supérieures à cette valeur critique, elle se ferme. Le champ critique est fonction du voltage ; il est donné par la formule très simple :

$$H = \frac{\sqrt{8 \frac{m}{e} V}}{R}$$

En remplaçant *m*, la masse de l'électron, et *e* sa charge, par des

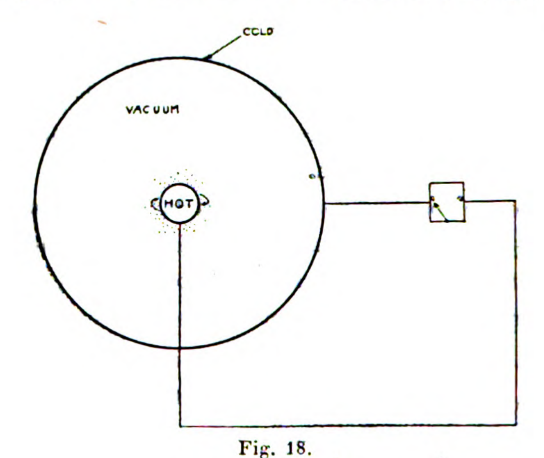


Fig. 18.

valeurs numériques et en exprimant en volts le potentiel V à travers le tube, en centimètres le rayon R de la plaque extérieure et en lignes de force par cm² le champ magnétique H ; on a ·

$$H = \frac{6,72}{R} \sqrt{V}.$$

Comparaison du magnétron avec les autres « trons ». — J'ai appellé le magnétron : une *nouvelle* valve électrique, car ses ancêtres, le redresseur kénotron, le pliotron et le dynatron sont tous des valves, chacune opérant suivant un principe absolument différent et possédant des caractéristiques propres. Le magnétron constitue donc un quatrième appareil permettant de régler le passage d'un courant à travers le vide entre deux électrodes métalliques.

Le *redresseur kénotron* prouve qu'on peut régler le passage d'un

courant circulant dans ces conditions, en faisant varier la *température* des électrodes. A l'intérieur d'un métal, les électrons peuvent passer librement d'un atome à l'autre, de sorte que la moindre f. é.-m. appliquée suffit pour produire un courant déterminé. Mais, lorsqu'ils tentent de s'échapper du métal, ils sont retenus par le noyau positif des atomes et ne peuvent être libérés que sous l'action de champs électriques très intenses, de l'ordre d'un million de volts par centimètre. Il en résulte qu'un tube à vide très poussé, (qui renferme des électrodes froides bien arrondies et distantes l'une de l'autre d'un centimètre), constitue un isolateur parfait pour des tensions pouvant atteindre environ un million de volts.

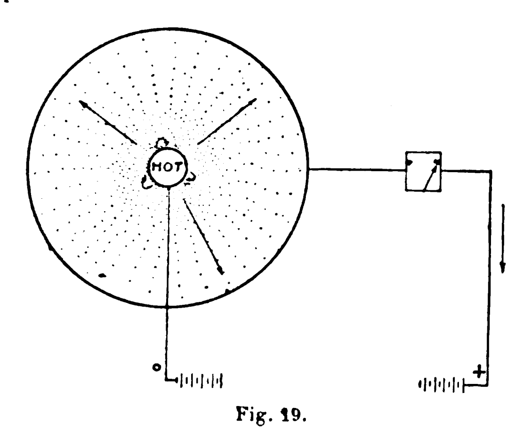


Fig. 19.

Toutefois, si l'on chauffe une des électrodes, l'énergie cinétique des atomes et des électrodes augmente, et, à une température suffisante, un certain nombre d'électrons peuvent se dégager, s'évaporer exactement comme les molécules d'un liquide ou d'un solide. J'ai tenté d'illustrer ce fait, par les figures 18 et 19. Les électrons ainsi libérés se portent à travers le vide vers l'autre électrode, constituant un courant de sens unique. Ils se déplacent toutefois lentement, et se gênent mutuellement; il en résulte une contre-pression et par suite le courant reste faible jusqu'au moment où un champ électrique vient faciliter la circulation des électrons. Car alors, le courant augmente d'intensité, exactement comme l'évaporation d'un liquide se trouve accélérée lorsqu'on chasse la vapeur au fur et à mesure de sa formation à la surface.

La figure 18 est la représentation sommaire de ce qui se passe en l'absence d'un champ électrique, c'est-à-dire lorsque la plaque et le filament sont au même potentiel ; la figure 19 correspond au cas où la plaque est rendue positive.

La plupart des métaux ne peuvent, sans fondre, être portés à une température suffisante pour produire une émission supérieure à quelques milliampères par cm². Toutefois, le tungstène, à son point de fusion, donne une émission de plusieurs centaines d'ampères par cm², et un filament assez gros pourra servir pendant plusieurs années à une température capable de produire une émission de 1 ampère

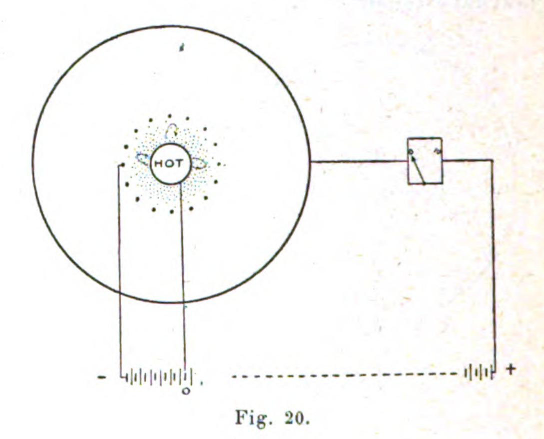


Fig. 20.

par cm², ou 10.000 ampères par mètre carré de surface du filament. Par exemple, un filament d'un quart de pouce de diamètre et long de 4 pieds (1 m. 20) assurera — pendant plusieurs années — de façon continue, une émission de 225 ampères, et, par intermittence, une émission de plusieurs milliers d'ampères. On voit donc que le kénotron est capable de redresser des courants très forts à des tensions élevées.

La rapidité avec laquelle un liquide s'évapore varie avec la température à laquelle il est porté et avec la vitesse du vent, selon que les molécules sont chassées ou non au fur et à mesure de leur évaporation. De même, l'évaporation des électrons peut être réduite par la température ou la tension suivant que le voltage est, ou non, capable de les entraîner au fur et à mesure de leur libération. Lorsqu'il n'en

est pas ainsi ils s'accumulent au voisinage immédiat du filament et exercent une contre-pression sur ceux qui tentent de les suivre, les forçant ainsi à rester dans le filament. C'est ce qu'on appelle généralement la *réduction due à la charge électronique de l'espace*, c'est-à-dire une réduction du courant due à l'action répulsive des électrons, qui occupent l'espace compris entre les deux électrodes, sur ceux qui tentent de s'échapper du filament,

J'ai insisté sur la *charge spaciale* parce qu'elle est le principe même du fonctionnement du *pliotron*, autre appareil de commande, dans lequel le courant qui peut circuler entre un filament incandes-

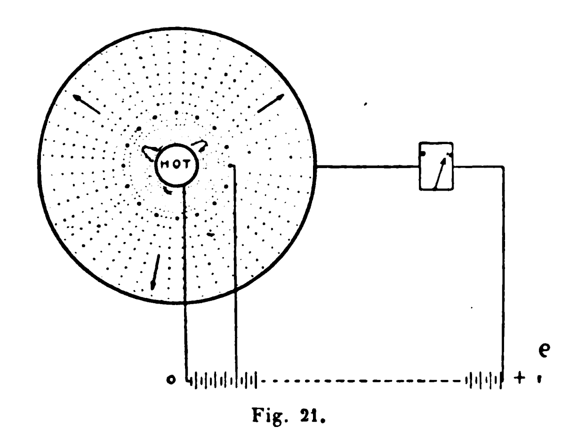


Fig. 21.

cent et une plaque froide est réglé par une grille placée entre les deux électrodes. Cette grille joue le rôle d'écran électrostatique ; elle protège le filament contre la plaque chargée positivement. Le filament étant porté à une température élevée, le courant ne dépend que de la charge spaciale, et celle-ci varie comme le potentiel de la grille. C'est ce que montrent les figures 20 et 21. Dans la première, la grille est, par rapport au filament, à un potentiel négatif ; elle repousse les électrons, et les force à se maintenir au voisinage du filament ce qui empêche le courant de s'établir. La valve est fermée. Dans le cas de la figure 21, la grille est positive, elle favorise suffisamment l'émission des électrons pour qu'un fort courant s'établisse. La valve est ouverte. Bien que ce soit le potentiel de la grille qui favorise la sortie des électrons, la plupart de ceux-ci traversent les

mailles de la grille pour se rendre vers la plaque; un petit nombre seulement heurte la grille. Par suite, une énergie très faible suffira pour ouvrir et fermer la valve. Le pliotron est une valve très efficace.

La figure 22, relative au *dynatron*, explique un troisième moyen de régler le passage du courant. Nous avons vu qu'on ne peut extraire les électrons d'un métal non chauffé qu'en faisant agir des champs électriques intenses. Toutefois, ces électrons peuvent être chassés si le métal est soumis à un violent bombardement d'électrons

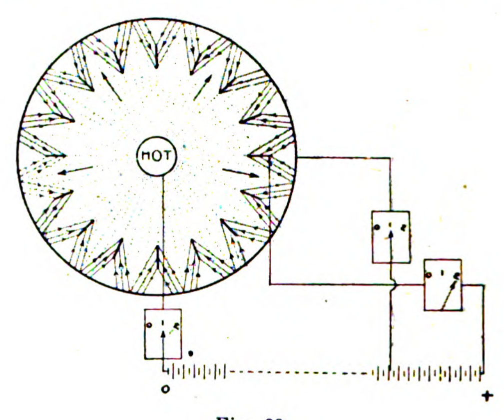


Fig. 22.

se déplaçant à une vitesse excessivement grande. Chacun des « bombardiers » peut dégager 1, 2, 3, 4, 5, électrons secondaires (et même davantage), selon la violence des chocs. Les électrons secondaires se précipitent alors vers une électrode plus positive (sur la fig. 22, c'est une grille) et passent de là dans un circuit de travail ; on peut aussi tirer de l'énergie de la plaque secondaire (ou *dynode*) elle-même, puisqu'elle présente la caractéristique d'une résistance négative (1). On peut régler la production des électrons secondaires en faisant varier le nombre et la vitesse des électrons de bombardement ; ainsi, on peut ouvrir ou fermer plus ou moins le dynatron. Le procédé de libération des électrons du filament par chocs présente

(1) Voir la description du *dynatron* dans : « Proceedings of the Inst. of Radio Eng. », vol. 6, pages 5-36, février 1918.

sur le chauffage un certain avantage en ce sens qu'il agit *instantanément* (on peut de même faire cesser le bombardement tout d'un

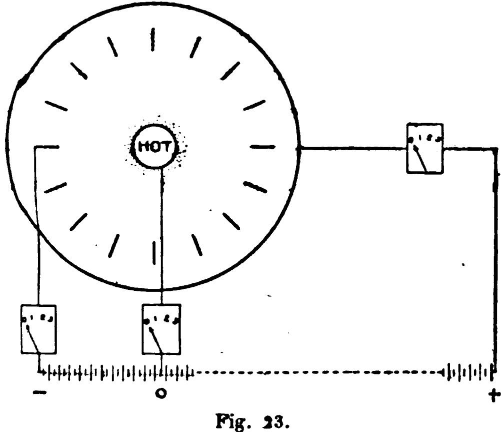


Fig. 23.

coup), tandis qu'il faut un certain temps pour chauffer (ou refroidir) le filament.

Comme on peut le voir sur les figures 15 et 16, le *magnétron* est un quatrième moyen de commander le courant. Les électrons

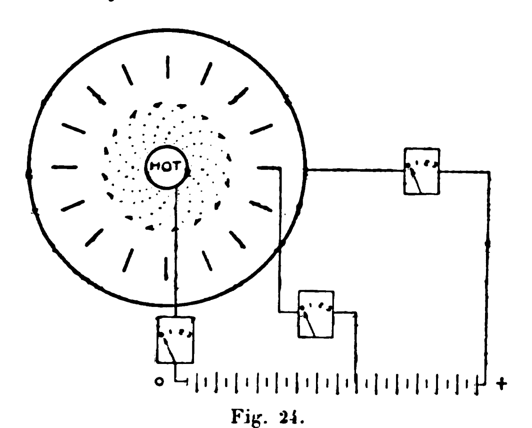


Fig. 24.

tentent de gagner la plaque dès qu'ils ont quitté le filament. Mais comme ils se déplacent dans un champ magnétique, ils sont soumis à une force mécanique égale, en grandeur et en direction; au produit vectoriel de leur vitesse par le champ magnétique. Cette force les oblige à se déplacer suivant une courbe (fig. 15). Malgré cela,

tous frappent la plaque tant que l'intensité du champ est inférieure à une certaine valeur critique (cas de la fig. 15). La valve est large ouverte. Aucun électron n'atteint la plaque si l'intensité du champ est supérieure à ladite valeur critique. La valve est alors fermée.

On peut résumer ces quatre méthodes de réglage du courant à travers le vide en disant que les deux premières consistent à favoriser la sortie des électrons par *évaporation* ou par *choc* et les deux autres par une action sur les électrons libérés, produite soit par une

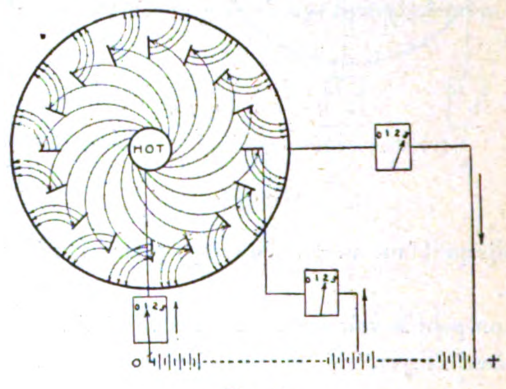


Fig. 25.

force contre-électromotrice *électrostatique*, soit par une force électromotrice *électromagnétique*.

On peut combiner ces méthodes dans un même tube de plusieurs manières. Les figures 23, 24 et 25 en donnent un exemple. On suppose qu'un circuit de régime est intercalé, à l'extérieur, entre la grille et la plaque et qu'un champ magnétique uniforme est produit perpendiculairement au plan de la figure. Sur la figure 23, le filament est chauffé, c'est-à-dire que la valve primaire est ouverte ; mais la force contre-électromotrice, due au potentiel négatif appliqué à la grille, s'oppose à la sortie des électrons. Sur la figure 24 la grille est rendue positive : elle attire vers elle les électrons sortis du filament, mais ceux-ci ne peuvent atteindre la grille en raison de la force contre-électromotrice due à leur propre mouvement dans le champ magnétique. Sur la figure 25, la grille est rendue suffisamment positive pour qu'en dépit de l'action du champ magnétique, tous les élec-

trons l'atteignent. Mais ils sont arrêtés par la grille ; s'ils la frappent à une vitesse très faible (c'est-à-dire si la charge positive de la grille est de quelques volts seulement), ils ne libèreront qu'un petit nombre d'électrons secondaires, et, par suite, le courant vers la plaque sera faible également. La valve sera néanmoins fermée. Sur la figure 25, on a supposé que le potentiel de la grille était suffisamment positif pour que le choc des électrons primaires donnât naissance à un nombre considérable d'électrons secondaires. Ceux-ci atteignent la plaque sans difficulté et de là passent sur le circuit de travail. La valve est ouverte. Il convient de remarquer que pour ouvrir la valve, les

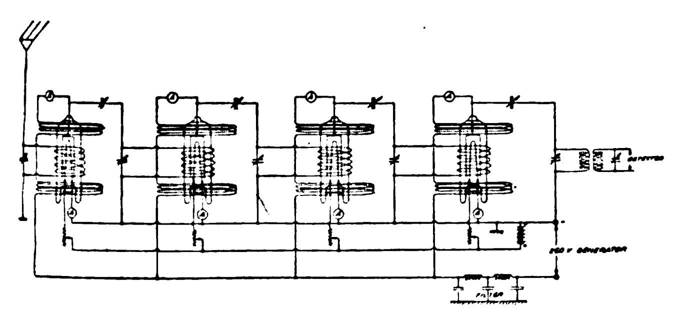


Fig. 26.

quatre commandes doivent jouer simultanément, une seule étant suffisante pour bloquer la valve.

Applications. — Pour finir, je dirai quelques mots des applications. Le *magnétron* est si jeune que ses applications sont encore dans le domaine des possibilités. On ne s'en sert guère aujourd'hui que comme « détecteur synchrone », (en radiotélégraphie par ondes entretenues), dans les stations transocéaniques réceptrices de la « Radio Corporation » (1). En ce cas, le magnétron opère comme une simple valve à haute fréquence qui s'ouvre et se ferme sous l'effet d'un champ magnétique produit en local, et donne un son audible en laissant passer d'abord les crêtes positives puis les crêtes négatives des signaux.

Nous avons effectué une série d'expériences en utilisant des *magnétrons* comme amplificateurs ; le courant à amplifier servait à

(1) Le « détecteur synchrone » sera décrit ailleurs par son inventeur M. E. F. W. Alexanderson.

exciter le champ magnétique et le circuit de sortie était monté en série avec le tube et la batterie. Le fonctionnement est à peu près le même que celui du pliotron ; quant au degré d'amplification il est sensiblement le même. Avec un amplificateur de fréquence radiotélégraphique à 4 étages nous avons obtenu, par étage, une amplification égale à 5. La figure 26 représente le schéma des connexions. Pour ces essais, les magnétrons exigeaient des courants un

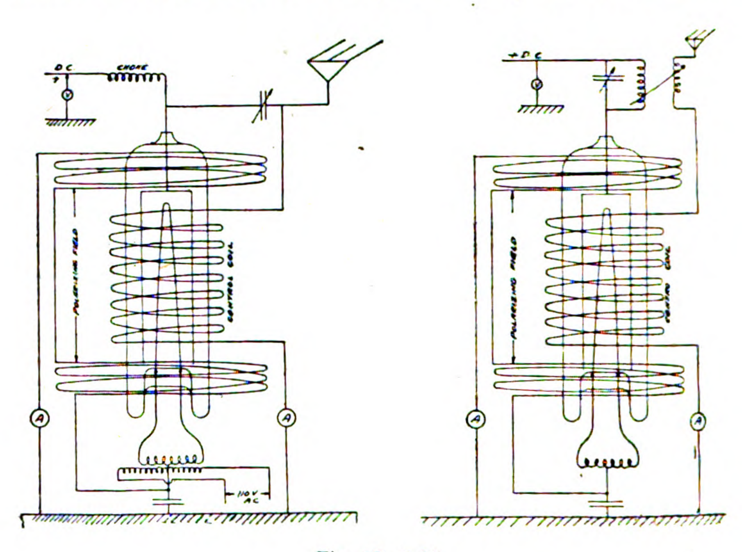


Fig. 27 et 28.

peu plus forts que les pliotrons, mais c'est une question de perfectionnement de ces tubes et de leur montage. Les méthodes de commande sont presque identiques : le pliotron utilise la différence de potentiel aux bornes d'une bobine ; le magnétron utilise le champ magnétique de la même bobine ; il semble que le résultat atteint soit le même dans les deux cas.

Nous avons enfin, utilisé des magnétrons comme générateurs de courants alternatifs à haute fréquence. Au tube représenté sur la figure 1, nous avons appliqué une énergie de 5 kw ; avec un montage convenable du circuit, nous avons recueilli 25 kw à la sortie. La plaque avait les dimension suivantes : diamètre = 4 pouces (10 cm ; longueur = 12 pouces (0 m. 30). Les figures 27 et 28 représentent le montage adopté.

On voit donc que le magnétron est susceptible d'être utilisé en radiotélégraphie. Il offre l'avantage d'être peu coûteux et d'avoir des circuits d'entrée et de sortie distincts. Il est probable qu'il servira surtout en combinaison avec d'autres dispositifs de réglage. Le tube représenté sur les figures 23, 24 et 25, est, de beaucoup, l'oscillateur le plus efficace que nous ayons rencontré.

Il est certain que la radiotélégraphie est peu de chose par rapport à l'ensemble de la technique électrique et que c'est dans cette branche générale de la science que les tubes à vide trouveront leurs plus importantes applications. C'est ainsi qu'on pourra utiliser les

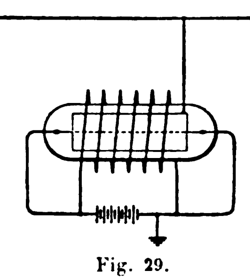


Fig. 29.

magnétrons comme parafoudres et comme dispositifs de protection contre les surtensions. Il suffira de monter le magnétron en parallèle avec la machine à protéger et de régler le champ magnétique de sorte que, en temps normal, aucun courant ne traverse le magnétron. Et alors si la tension s'élève au-dessus de la normale, dès qu'elle atteindra une valeur limite calculée d'avance, la valve s'ouvrira, laissera passer le courant dangereux, puis se refermera dès que la tension retombera au-dessous de cette même valeur. Le retard dans le tube est presque nul (il est infiniment plus court qu'avec un éclateur); on emploiera le *magnétron* toutes les fois que cette considération sera essentielle. La figure 29 représente un magnétron servant à protéger une ligne haute tension en courant continu.

Nous venons de voir quelques applications pour lesquelles le *magnétron* se montre particulièrement efficace. Il en existe beaucoup d'autres; nous pouvons le dire sans crainte de nous tromper. Les tubes à vide ont de multiples qualités. Le tube représenté sur la figure 1 peut travailler aux plus hautes tensions courantes et débiter

des centaines d'ampères si le filament est assez long et si l'on recourt au refroidissement par l'eau. On verra un jour ces tubes remplacer les redresseurs kénotron pour l'éclairage par arcs en série. D'ici 5 ans, ils remplaceront les convertisseurs synchrones dans les sous-stations. Avant 10 ans, on les trouvera sur les locomotives électriques, soit comme redresseurs permettant l'emploi de moteurs à courant continu, soit comme alternateurs à fréquence variable, puisant l'énergie sur un fil de contact transmettant du courant continu à haute tension. Dans 20 ans, on verra les lignes de transmission en courant continu alimentées (à travers des transformateurs et des kénotrons, disposés en certains points convenables) par des alternateurs d'une fréquence quelconque, et ces mêmes lignes alimenter des tubes agissant comme alternateurs-magnétrons, ou enfin des dispositifs genre pliotron formés par une combinaison d'alternateurs à tubes à vide.

Les possibilités réservées par les tubes sont, à ce point de vue, très nombreuses. Les appareils à décharges électroniques ne sont pas insignifiants par nature ; ils sont simplement nouveaux.

Rétrocession à l'Etat des téléphones espagnols (*Telegr. and Teleph. Age* : février 1922). — La rétrocession des téléphones au gouvernement espagnol a commencé en décembre 1921. A cette date, les circuits de la ville de Barcelone ont fait retour à l'État. D'ici cinq ans, les autres lignes espagnoles seront exploitées par l'État presque en totalité.

On sait qu'en Espagne le service téléphonique a toujours laissé beaucoup à désirer. Le gouvernement a l'intention de développer le service et de le réorganiser de fond en comble.

INFORMATIONS ET VARIÉTÉS.

Poste hétérodyne fonctionnant sur le courant alternatif. — Dans un article précédent (1), nous avions indiqué un montage permettant d'utiliser le courant alternatif industriel pour alimenter en haute et basse tension un poste récepteur de T. S. F. fonctionnant avec des lampes à vide. Ce montage continue à nous donner d'excellents résultats pour l'amplification en haute fréquence et la réception des émissions amorties. Pour recevoir les ondes entretenues, comme il est généralement admis que la meilleure méthode est celle d'un poste hétérodyne séparé de l'appareil principal, nous avons cherché à compléter notre montage en construisant un hétérodyne débarrassé de toute pile ou de tout accumulateur et ne faisant appel qu'au courant alternatif de secteur. Nous y sommes parvenu d'une façon relativement simple.

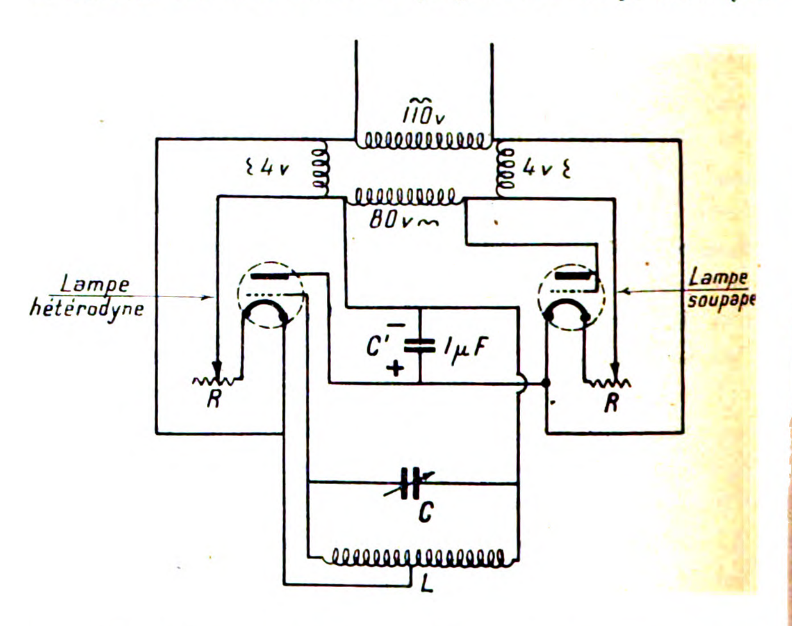
En se reportant au schéma ci-joint, on retrouve aisément en bas et à gauche les éléments fondamentaux d'un poste hétérodyne normal. La lampe de gauche est la génératrice d'oscillations locales, la plaque reliée à une extrémité du circuit oscillant LC (réglable à la longueur d'onde désirée), la grille à l'autre extrémité et le filament se trouvent raccordés à un point pris à peu près au tiers de la bobine de self, tout ceci étant, nous le répétons, un montage bien connu.

Pour assurer le chauffage du filament de la lampe hétérodyne, nous prenons tout simplement du courant alternatif ramené à 4 ou 5 volts par un transformateur convenable; un rhéostat fournit l'intensité requise pour une bonne réception.

Quant à la haute tension nécessaire sur la plaque de la lampe, nous l'obtenons, suivant une méthode déjà décrite à l'article indi-

(1) *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones :* septembre 1921, p.396.

qué ci-dessus, au moyen d'une lampe-soupape constituée par une lampe de T. S. F. dont la grille et la plaque sont connectées ensemble. Cette lampe-soupape, figurée à droite du schéma, est chauffée par l'alternatif à 4-5 volts et munie également d'un rhéostat de réglage. Un enroulement spécial fournit de l'alternatif à 80 volts dont les phases *positives* seules traversent la lampe-soupape et viennent ensuite influencer la plaque de la lampe hérétodyne.



Le schéma indique suffisamment les connexions employées ainsi que l'emplacement du condenseur C′ d'une valeur approximative d'un microfarad et qui sert à égaliser les variations du potentiel alternatif tout en assurant le passage des ondulations de haute fréquence dans le circuit de plaque de l'hétérodyne.

Le schéma indique encore qu'un seul transformateur à quatre enroulements suffit pour tous les besoins de l'hétérodyne. A la vérité, il y a la complication de la lampe-soupape, mais qui nous paraît cependant d'un emploi plus commode et plus économique que deux batteries d'accumulateurs, une pour la haute et une seconde pour la basse tension.

Le poste hétérodyne ainsi monté fonctionne sensiblement comme

le modèle classique. Couplé avec le poste principal alimenté uniquement aussi par l'alternatif du secteur urbain (110 volts et 50 périodes), il permet la réception des ondes entretenues avec une grande pureté de sons et son réglage se fait sans peine au moyen du condensateur variable monté dans le circuit oscillant.

Nous profiterons de l'occasion pour revenir un instant sur le poste principal décrit à l'article précité. Des essais complémentaires nous ont montré que les filaments des lampes amplificatrices et celui de la lampe-soupape pouvaient utilement être pourvus de rhéostats pour le réglage du chauffage. D'autre part nous avons parfaitement reçu avec ce poste des émissions de *téléphonie* sans fil, la voix humaine ne subissant aucune déformation appréciable du fait de l'usage exclusif de l'alternatif. Nous croyons donc à nouveau que l'emploi de celui-ci demeure pratique dans les différentes circonstances de la réception en T. S. F. par lampes à vide et peut suppléer avantageusement les accumulateurs ordinairement usités. — Marcel Moye, Professeur à l'Université de Montpellier.

Le restaurant coopératif des Télégraphes de Bruxelles (central). — Dans tous les pays, on a dû reconnaître la difficulté d'organiser les vacations du personnel en tenant compte à la fois, pour la répartition de celui-ci, des variations de l'intensité du trafic dans le courant de la journée, du nombre et de la périodicité des repas, ainsi que des exigences de la vie de famille. Ce problème, qui est susceptible de plusieurs solutions selon les particularités locales, avait été résolu en Belgique dans le sens d'une prédominance marquée des vacations uniques. Elles comportaient huit heures de service et s'échelonnaient entre 7 et 21 heures, ce qui correspondait d'ailleurs aux préférences individuelles de la plupart des employés.

Il en résulta que les agents durent prendre au moins un repas substantiel au bureau. Au début, chacun s'organisa comme il l'entendait, apportant des vivres, profitant d'un moment de répit pour prendre sa collation. Puis un local spécial fut affecté aux repas. Ensuite un messager fut mis à la disposition des agents pour aller chercher au dehors les victuailles nécessaires. Des réchauds à gaz, placés dans le réfectoire, fournirent bientôt le moyen de se procu-

rer des boissons chaudes. Enfin, une espèce de petit buffet froid finit par être installé, qui fut exploité par le messager dont il est question plus haut. Ce fut l'embryon de l'organisation actuelle.

Chacune des améliorations successives énumérées ci-dessus peut être considérée comme une étape vers la réalisation de l'œuvre définitive. L'humble réfectoire du début s'est agrandi et même dédoublé. Il consiste actuellement en deux vastes salles, toutes blanches, d'un aspect agréable, où l'air et la lumière pénètrent largement, pourvues des accessoires indispensables : lavabo, glaces, etc., et pouvant contenir chacune plus de 150 convives groupés autour des tables en marmorite blanc. Le modeste réchaud à quelques becs a été remplacé par tout un matériel perfectionné : fourneau monstre, percolateur de 100 litres, douches de 250 litres pour la préparation de la soupe et la cuisson des pommes de terre, le nettoyage des couteaux, le tamisage de la soupe, le hachage de la viande, etc. Le petit tenancier d'un rudimentaire buffet froid s'est transmué en un personnel de 25 cuisinières, filles de cuisines, serveuses, etc., qui, malgré une activité débordante, ont peine, à certaines heures, à satisfaire une clientèle toujours plus nombreuse.

Comme on le voit, l'œuvre est le produit d'une lente évolution. Elle s'est formée progressivement, par une extension graduelle de chacun des services. Le transfert prochain de toute l'organisation dans une autre partie du bâtiment promet d'être le point de départ de nouveaux agrandissements et de nouvelles améliorations.

Depuis le début, les principes constitutifs de l'œuvre sont restés les mêmes. L'Administration a continué à fournir gratuitement les locaux et les installations et a pris à sa charge les frais de chauffage, d'éclairage ainsi que la plus grosse part du salaire du personnel, auquel le mess doit simplement la nourriture, évaluée, il est vrai, au taux actuel des denrées alimentaires, à 5 francs au minimum par tête et par jour. Restait la grosse question de l'exploitation de l'organisme. Plusieurs solutions pouvaient être envisagées : à l'entreprise, par gérance, etc. Ce fut le personnel employé du central télégraphique lui-même qui assuma cette tâche. A cette fin, il nomme au vote secret un comité composé de neuf membres. Le président et le vice-président de cet organisme sont de droit nommés

par l'Administration. Ce comité désigne ceux de ses membres qui auront spécialement à s'occuper de la direction et de la gestion du mess. Ils reçoivent le titre d'*économe*. Ils sont actuellement au nombre de deux, plus un économe adjoint. Les deux premiers sont libérés de tout service administratif, tout en continuant à émarger leur traitement. Les mandats sont de deux ans. Le comité est renouvelé par moitié tous les ans. Sa mission est d'assurer, par un contrôle vigilant, une utilisation judicieuse du personnel, des méthodes rationnelles de travail et des achats avantageux, l'exploitation la plus économique possible. Dans les conditions où celle-ci a lieu, c'est-à-dire grâce à l'exonération de la majeure partie des frais généraux, il faut que le prix de vente soit à peu près égal au prix de revient. C'est ce qui est, en effet, sauf prélèvement d'un léger pourcentage pour dépenses imprévues, usure, perte et casse du matériel mobile (assiettes, verres, ustensiles de cuisine, etc.), et se mettre à l'abri des surprises provoquées par l'instabilité du marché, et aussi pour éviter des variations trop répétées des prix de vente.

Le prix courant ci-dessous[1] donnera un aperçu des multiples

Biscuits. Gateaux. Desserts	
Cakes	0 fr. 40
Pain à la Grecque	0 » 30
Petit-beurre, 4 pour	0 » 30
Penny Delacre	0 » 20
Penny Debeukelaer	0 » 30
Couque au beurre	0 » 20
Couque Royale (90 g.)	0 » 30
Galette	0 » 15
Galette fourrée	0 » 40
Gaufrette	0 » 25
Macarons	0 » 15
Spéculaus	0 » 30
Pain d'épices, la tranche	0 » 30
Chocolat, la tablette	0 » 15
— —	0 » 30
— —	0 » 35
Charcuterie	
Jambon 45 g	0 » 80
Pâté de foie 45 g	0 » 35
Cervelas	0 » 45
Hure 45 g	0 » 50
Boissons	
Café le 1/4 de litre	0 » 05
Café le 1/2 litre	0 » 10
Petit café spécial, au lait	0 » 10
Lait, le bol	0 » 55
Lait, le 1/2 bol	0 » 30
Lait russe	0 » 25
Chocolat, la tasse	0 » 50
Bière, le verre	0 » 15

Divers	
Dîner beafsteak	2 » 35
Viande avec sauce	1 » 20
Beafsteak simple	1 » 80
Pain de veau	1 » 10
Dîner au lard	1 » 75
Omelette de 1 œuf	0 » 95
Omelette de 2 œufs	1 » 70
Omelette au lard 1 œuf	1 » 40
Omelette au lard 2 œufs	2 » 15
Omelette jambon 1 œuf	1 » 75
Omelette jambon 2 œufs	2 » 50
1 œuf à la coque	0 » 75
Pain, la tranche	0 » 10
Pommes de terre et lég.	0 » 50
Beurre 13 g	0 » 20
Sucre (4 morceaux)	0 » 05
From. de Hollande 50 g.	0 » 40
From. de Gruyère 50 g.	0 » 50
Hareng à la daube	0 » 50
Maquereaux à l'huile	de 0.30 à 0.50
Pickels	0 » 25
Rollmops	0 » 50
Sardines, 2 pour	0 » 35
Orange de 0 fr. 15 à	0 » 25

articles qui sont à la disposition des consommateurs, et des prix pratiqués. Il faut y ajouter les dîners et les soupers chauds, qui sont actuellement un des grands attraits du mess, bien qu'au début de la nouvelle exploitation l'ambition des organisateurs se fût bornée à livrer au personnel du café et de la soupe. Les dîners se composent d'un potage et d'un plat de légumes et viande (pain et pommes de terre à discrétion). Le tout est fourni au prix de 1 fr. 75. La règle hygiénique de la variété dans l'alimentation est appliquée dans la mesure du possible. Le tableau suivant de l'ordinaire d'une semaine montre qu'on y réussit assez bien.

	POTAGE	VIANDE	LÉGUMES
Lundi	Haricots	Rôti de veau	Chicorées.
Mardi	Oignons	Roastbeaf	Carottes. Petits pois.
Mercredi	Poireaux	Rôti de porc	Choux rouges ou blancs.
Jeudi	Céleris	Pain de veau	Salade ou compote.
Vendredi	Julienne	Poisson	Roulades aux champignons.
Samedi	Pois cassés	Gigot de mouton	Haricots blancs ou verts.

La composition des soupers chauds est la même que celle des diners, le potage en moins.

Le client peut évidemment corser ce menu en puisant dans la liste des autres produits en vente au mess. Il est presque toujours possible de s'y procurer, à un prix très raisonnable, un fruit de la saison. La ration de viande cuite est de 70 grammes.

Il se débite en moyenne 800 diners, bien qu'il n'en soit servi que de 11 à 14 et de 18 à 20 heures. Il n'est pas sans intérêt d'indiquer ici le chiffre de la consommation moyenne par jour de certains articles :

Pommes de terre........................	475 kg.
Pain................................	100 kg.
Viande..............................	90 kg.
Beurre..............................	17 kg.
Soupe...............................	350 litres
Café................................	700 litres
Bière...............................	100 litres

On estime à 3.000 environ par jour le nombre des personnes (toutes appartenant aux P. T. T., et, pour une petite partie, aux chemins

de fer de l'État) qui viennent prendre au mess une collation quelconque.

La recette moyenne journalière est de 2.350 francs. Les consommations se payent au moyen de jetons que le client peut se procurer à un guichet spécial. Il en résulte un contrôle facile, une accélération du service, et la suppression radicale du pourboire, d'ailleurs défendu par les règlements.

Il est hors de doute que le mess est d'une grande utilité pour le personnel, qui y trouve à la fois sa commodité et de sérieux avantages pécuniaires. La vogue extraordinaire dont il jouit en est la meilleure preuve.

La présente monographie concerne uniquement le mess de Bruxelles (Central), le premier créé en Belgique. Depuis lors, d'autres ont été fondés à Bruxelles et dans d'autres localités du pays, et leur nombre s'accroît journellement. Tous sont constitués sur les mêmes bases et relèvent également d'un organisme central : le Comité de ravitaillement. Les seules différences qui les distinguent ont surtout rapport à leurs heures d'ouverture. Tandis que les uns, comme le mess de Bruxelles (Central), sont accessibles depuis 6 1/2 jusqu'à 20 heures, certains autres ne le sont qu'à l'heure de l'après-midi et limitent par conséquent leur activité au débit de ce diners et de ce qui peut s'y rapporter. — P. Dedieu, Contrôleur des Télégraphes, Président du Comité du mess des Télégraphes à Bruxelles (Central).

Nouvel amplificateur. — Cet amplificateur a été étudié par la Radiotélégraphie militaire sur la demande du Service Géographique pour servir à la réception des signaux scientifiques émis par les grands postes de T. S. F. français et destinés aux missions de délimitations coloniales. On a donc cherché un matériel aussi simple et aussi léger que possible. Le même appareil sert d'amplificateur et d'hétérodyne et permet de recevoir les signaux par l'intermédiaire d'une lampe modulatrice qui remplace le détecteur.

Le principe de ce dispositif est le suivant : si entre la grille et le filament d'une lampe on fait agir le courant haute fréquence amplifié ou non d'une réception T. S. F., si entre le filament et la

plaque de la même lampe on fait agir simultanément le courant haute fréquence produit par un hétérodyne, la superposition de ces deux courants haute fréquence donne un courant dont la pulsation est égale à la différence des pulsations des deux courants qui agissent sur la lampe et l'amplitude égale à la demie amplitude du courant de réception.

Cette pulsation résultante correspond à une fréquence musicale pour un réglage convenable de l'hétérodyne et un téléphone branché sur les conducteurs qui amènent le courant de celle-ci à la lampe modulatrice sera actionné et permettra une réception à l'oreille.

L'amplificateur Z qui comprend des lampes amplificatrices à haute fréquence, une lampe modulatrice et une lampe hétérodyne présente encore comme dispositif nouveau le montage de cette dernière. Au lieu que ce soit la capacité c'est la self de l'hétérodyne qui est variable et cette variation est obtenue par la variation de perméabilité d'un noyau de fer d'une bobine qui tourne entre les deux pôles d'un aimant permanent et qui est par conséquent soumise à un champ variable.

L'amplificateur Z qui rassemble ainsi en une seule boîte de faible volume la réception, l'amplification et le dispositif hétérodyne à été établi pour des longueurs d'onde variant de 15.000 m. (Lyon) à 23.000 m. (Croix d'Hins).

Un dérangement téléphonique complexe. — Un dérangement d'un caractère essentiellement intermittent, et dont l'origine, pendant très longtemps, n'avait pu être déterminée, se produit dans certaines conditions, sur les conversations empruntant un monocorde d'arrivée.

L'opératrice de départ constate parfois sur une conversation empruntant une ligne auxiliaire, l'existence d'un bruit comparable soit à un ronflement, soit à un bruit de crécelle qui se produit au moment où l'abonné demandé décroche. Elle cherche généralement à le faire disparaître soit en retirant plusieurs fois la fiche du jack de départ, soit en envoyant une émission de courant d'appel sur la ligne auxiliaire. Si elle n'y parvient pas, elle fait changer

le conjoncteur par l'arrivée. Quand on vérifie ensuite le conjoncteur sur lequel s'est produit le dérangement, on ne peut en général le faire réapparaître et tout est reconnu normal au bureau de départ et à celui d'arrivée.

Ce dérangement présente donc un caractère essentiellement fugitif et il est difficile d'en mettre la cause en évidence.

Or, il a été reconnu qu'il se produit dans les conditions suivantes :

Quand l'abonné appelé répond, le fonctionnement du relais de supervision du monocorde d'arrivée qui court-circuite l'enroulement de 12.000 ohms produit une augmentation brusque de l'intensité du courant envoyé par le bureau de départ à travers l'un des enroulements du translateur d'arrivée. Cette augmentation brusque d'intensité détermine immédiatement, par induction sur le deuxième enroulement du translateur, une courte émission de courant sur la ligne de l'abonné demandé.

Cette courte émission de courant induit se superpose au courant continu envoyé par la batterie centrale du bureau d'arrivée, et son sens dépend de l'orientation de la ligne auxiliaire employée. Si l'émission est de sens contraire au continu envoyé côté abonné demandé, elle peut être suffisante pour faire décoller un instant le relais de supervision qui remet les 12.000 ohms en ligne. Comme ce relais recolle immédiatement, les 12.000 ohms sont à nouveau court-circuités et le même phénomène se reproduit sous la forme d'une vibration de très faible amplitude sur le relais de supervision seul.

Le même phénomène s'observe, dans des conditions analogues, avec le montage Ericsson.

Les circonstances suivantes favorisent l'amorçage de cette vibration :

1° ligne auxiliaire courte ;

2° boucle de l'abonné résistante ;

3° relais de supervision réglé avec trop grand entre-fer ;

4° enfin élasticité du ressort de contact de travail du relais de supervision qui fait rebondir la palette.

L'explication qui précède montre clairement que lorsqu'une ligne

auxiliaire est reconnue sujette à ce dérangement, il suffit, pour l'éviter définitivement, de changer son orientation au répartiteur du bureau d'arrivée, en inversant le fil de jonction. (La nature de ce dérangement a été mise en évidence par M. Petipas, mécanicien au central téléphonique « Auteuil ».)

Les téléphonistes de départ ont donc reçu la consigne de signaler à leur surveillante les lignes auxiliaires sur lesquelles elles constatent l'existence d'un ronflement en cours de conversation. Ces lignes sont signalées au service technique du bureau d'arrivée pour lui en faire faire l'inversion. L'opération faite, il ne reste plus qu'à revoir le réglage en ligne du relais de 12.000 ohms dont les conditions de fonctionnement ont pu être modifiées par ce changement.

Projets de câbles téléphoniques entre la Norvège, le Danemark et l'Allemagne. — Le ministère des télégraphes danois envisage la pose de deux nouveaux câbles téléphoniques. Un projet se rapporte à un câble qui sera posé soit entre Arendal et Hirtshals, soit entre Fredriksværn et Hirtshals. Il coûtera un million et demi de couronnes. Le câble qui reliera Arendal à l'Allemagne empruntera sensiblement le même itinéraire que le câble télégraphique Arendal-Sylt; sa longueur atteindra 440 km; les frais sont estimés à 5 millions de couronnes. Ce câble procurera trois liaisons téléphoniques et une communication télégraphique; il permettra de communiquer non seulement avec l'Allemagne, mais encore avec les autres pays d'Europe tels que la Hollande, la Belgique, la France, la Suisse, l'Italie, etc. qui sont reliés ou peuvent être reliés avec l'Allemagne. Il est question de soumettre au ministère des Télégraphes un autre projet relatif à la pose d'un câble entre la Norvège occidentale (Stavanger) et l'Angleterre. Les dépenses sont estimées à 6 ou 7 millions de couronnes.

Mesures spéciales prises à l'occasion des fêtes de Noël par l'office postal des Etats-Unis. — En Amérique, à l'époque des fêtes de Noël, les services postaux se trouvent en présence

d'une tâche formidable. Pour parer à l'encombrement dans la mesure du possible, l'office postal des États-Unis organise ses forces et prend à l'avance toutes les dispositions administratives susceptibles d'assurer une distribution rapide et économique des correspondances de toute nature : lettres, cartes postales, imprimés, colis postaux, etc. Dans ce but, une circulaire est adressée en temps utile aux chefs de service les invitant à adopter, d'accord avec le personnel chargé du contrôle, les mesures de circonstance qui permettront d'écouler le trafic exceptionnel dans les meilleures conditions. Voici, à titre d'indication quelques dispositions préconisées dans cette circulaire.

Préparatifs. — Un appel est fait à l'esprit d'initiative, d'entr'aide et au dévouement du personnel. Le rendement ne dépend pas uniquement du nombre d'employés, mais surtout du bon esprit qui les anime et de l'adoption de méthodes d'exécution nettement définies et suivies à la lettre. Il faut engager une main-d'œuvre exceptionnelle recrutée de préférence parmi les auxiliaires employés les années précédentes et, dans un but humanitaire, parmi les chefs de famille nombreuse. Il n'est pas jusqu'à l'aide bénévole des élèves des collèges et des étudiants qui ne soit envisagée.

Publicité. — Par une série de communiqués à la presse, l'attention du public est attirée sur la triple nécessité de rédiger les adresses d'une manière complète et correcte, d'affranchir suffisamment les envois et de les déposer plusieurs jours à l'avance, suivant la distance qu'ils auront à parcourir pour atteindre les destinataires. Il faut s'assurer le concours des membres de l'enseignement qui remettront aux enfants des écoles un avis invitant les parents à confier leurs envois à la poste le plus longtemps possible à l'avance afin d'éviter l'encombrement des derniers jours.

Levées. — Les boites seront levées plus souvent qu'en temps ordinaire; on utilisera à cette fin des véhicules de louage qui compléteront ceux qui normalement sont affectés au service de relevage.

Service de gare. — Le service de réception et d'expédition des courriers doit être l'objet d'une surveillance spéciale pendant la période de Noël. Il faut éviter que les dépêches ne séjournent indûment dans les gares, qu'elles soient à destination d'un bureau principal ou d'un bureau d'importance secondaire.

Distribution. — Dans les bureaux où la place fera défaut, on utiliserra les couloirs pour entreposer les sacs, mais en organisant un service de garde. Les chefs de bureau pourront encore se faire prêter des locaux scolaires, transformés pour la circonstance en centres de distribution. C'est de là que partiront les piétons chargés de la remise à domicile. Ces centres recevront les sacs renfermant les correspondances préalablement triées par pâté de maisons ou par rue, suivant le cas. Dans les quartiers où le courrier est particulièrement volumineux, on utilisera des automobiles pour effectuer les distributions.

Heures d'ouverture des bureaux. — Les derniers jours avant Noël, les bureaux resteront ouverts aussi longtemps qu'il sera jugé nécessaire.

Service des guichets. — Apposition de pancartes au guichets ordinaires et supplémentaires, afin de renseigner le public sur les opérations qu'il peut y effectuer. Levées fréquentes aux guichets des échantillons et des colis postaux. Affranchissement de ces objets au moyen de timbres-poste préalablement oblitérés.

Remise en état des paquets détériorés. — Un personnel spécial est prévu pour remettre en état, à l'ouverture même des dépêches, les colis dont l'emballage est défectueux ou l'adresse déchirée en partie. On évite ainsi les erreurs de distribution, ou l'envoi final au service des rebuts des objets dont il s'agit.

Surveillance. — Elle servira à deux fins : 1° utilisation rationnelle des effectifs de chaque service; 2° suppression de dépenses superflues. Pour éviter l'encombrement des locaux, tout le courrier reçu devra être distribué le même jour.

L'Administration espère que, grâce aux méthodes d'exécution judicieuses, au dévouement du personnel, et à la collaboration du public invité à déposer ses correspondances à l'avance, la situation sera nette le soir de Noël ; dès le lendemain on pourra licencier la main-d'œuvre auxiliaire.

Suivent les vœux de circonstance à l'adresse des chefs de service et du personnel méritant.

Un « puzzle » chinois. — A Pékin, les annuaires téléphoniques sont imprimés en caractères chinois. Les abonnés n'y sont pas inscrits dans l'ordre alphabétique, mais suivant le nombre des traits de plume composant l'initiale de leur nom ; aussi, l'opération qui consiste à trouver le nom d'un abonné constitue-t-elle véritablement un « casse-tête chinois ». Lorsqu'ils veulent consulter l'annuaire, les étrangers sont généralement obligés de payer un indigène qui leur indique le numéro d'appel dont ils ont besoin.

Programme de constructions téléphoniques aux États-Unis pour 1921. — Le programme de construction des compagnies Bell prévoyait pour 1921 une dépense de 195 millions de dollars :

achats de terrains	3	millions de dollars ;
nouveaux centraux (construction)	13	—
installations des centraux	61	—
installations des abonnés	42	—
lignes sur poteaux	34	—
câbles	36	—
conduites souterraines	6	—

A la date du 31 août dernier, les dépenses faites atteignaient 122 millions de dollars ; les dépenses prévues pour les quatre derniers mois de 1921, s'élevaient à 73 millions de dollars.

Les extensions réalisées en 1921 correspondent à 500.000 nouveaux abonnés.

Téléphone interurbain en Chine. — Les Chinois paraissent avoir pris conscience de l'avenir économique de leur pays. Les habitants du Nord de la Chine ont reconnu que pour réaliser l' « Unité chinoise », il fallait adopter les procédés modernes d'intercommunication ; ils ont décidé en conséquence de relier téléphoniquement leurs principales villes. La ligne Shanghaï-Pékin est en construction ; cette ligne sera ultérieurement raccordée à celle qui relie entre elles la capitale et la ville de Tientsin.

Les Chinois sont paraît-il fatigués du télégraphe ; leur alphabet même est une source sérieuse de difficultés car tous les télégrammes doivent être traduits en code avant transmission ; partout où le téléphone fonctionne, il a rallié d'enthousiastes partisans.

On instruit des dames téléphonistes. Jusqu'ici le service était confié à des hommes qui travaillaient à des conditions exceptionnelles de bon marché. Les Chinois ont fini par reconnaître que le service téléphonique est mieux assuré par les femmes que par les hommes et que le service le plus économique est celui qui donne entière satisfaction au public.

Communications de T. S. F. entre avions sans antenne flottante et par ondes très courtes. — Pendant toute la guerre, les postes de T. S. F. d'avions utilisaient comme antenne un fil flottant tendu par un poids et d'une longueur généralement comprise entre 60 et 120 mètres. Ce fil, enroulé au repos sur un rouet, était déroulé au moment de la transmission. Il traversait la carlingue à l'aide d'un tube isolant. La masse métallique de l'avion formait contre-poids pour cette antenne flottante.

Les aviateurs, surtout les pilotes des avions de chasse, ont demandé à plusieurs reprises la suppression de l'antenne flottante qui présentait à leurs yeux deux inconvénients.

1°) — Elle empêchait toute acrobatie (looping, etc).

2°) — Pour des avions volant en escadre, en groupe serré, il pouvait arriver que le plomb d'une antenne allât frapper et blesser les occupants d'un autre avion.

De très intéressantes recherches viennent d'être faites à la Radiotélégraphie Militaire avec la collaboration d'un ingénieur des P. T. T. pour donner satisfaction à ces desiderata des aviateurs.

On a prévu l'emploi d'une antenne fixe installée à moins d'un mètre de la masse de l'avion et composée de 3 fils isolés de cet avion. Ces fils rayonnent depuis la queue, les 2 extrêmes vont s'attacher par l'intermédiaire d'un bâtonnet d'ébonite à l'extrémité des ailes ; le fil du milieu plus court pénètre dans la carlingue et va s'attacher à la borne antenne des appareils émetteurs récepteurs, la

borne terre étant reliée à la masse de l'avion comme dans le cas d'une antenne flottante. Sur cette antenne, on branche un poste à ondes entretenues. Ce poste a ceci de particulier qu'il émet une onde très courte permettant d'avoir un rendement satisfaisant sur l'antenne également très courte que le poste actionne.

La boîte réceptrice était d'un modèle spécial. Les résultats obtenus jusqu'ici ont été très intéressants.

Le poste, installé sur un avion en vol, a été entendu jusqu'à 40 kilomètres environ (et il a semblé qu'on n'était pas à la portée limite) par un dispositif récepteur installé à terre dans un avion laboratoire, et muni de la même antenne.

La communication inverse a été également obtenue, mais à une distance moindre.

L'antenne de la station radiotélégraphique d'Eilvese (Hanovre). — L'antenne de la station d'Eilvese, d'une forme très particulière, est à la fois une antenne en parapluie et une antenne annulaire. Le pylône central, haut de 250 m., supporte une antenne en parapluie ; celle-ci est attachée aux pylônes périphériques (de 120 m. de haut) par l'intermédiaire d'une antenne annulaire qui forme la bordure du parapluie.

L'antenne couvre une surface de 920 mètres de diamètre. Les fils qui la composent ont des sections variant entre 6 et 60 millimètres carrés.

L'antenne en parapluie et l'antenne annulaire travaillent séparément : la première est employée pour les longueurs d'onde les plus courtes (7.000 à 12.000 mètres).

La station d'Eilvese est spécialisée à l'émission. Les ondes sont fournies par des alternateurs Goldschmidt (300 à 450 kilowatts), alimentés par du courant triphasé à 15.000 volts fourni par une usine extérieure. Un groupe générateur de secours est constitué par cinq moteurs Diesel.

Radiotéléphonie entre l'Allemagne et le Danemark. — Des conversations téléphoniques ont eu lieu récemment entre le

réseau de Berlin et Lyngby-Copenhague, par l'intermédiaire de la station radioélectrique de Königswusterhausen. La transmission se fit, de part et d'autre, par transmetteur Lorenz-Poulsen de 4 kilowatts, et les stations réceptrices étaient séparées des stations transmettrices.

La transmission à l'antenne des vibrations de la voix se faisait au moyen d'une bobine à noyau de fer, dont les variations magnétiques se traduisaient, dans le circuit de l'antenne, par des modifications d'inductance.

L'intensité et la pureté des sons étaient meilleures que par fil.

Câble téléphonique interurbain Milan-Gênes-Turin. — Un contrat vient d'être signé entre l'Etat Italien et la Societ à Italiana Reti Telefoniche Interurbane de Milan, pour l'installation d'un réseau de câbles téléphoniques destiné à relier les villes de Milan, Turin et Gênes.

La pose de cet important réseau de câbles constitue le premier pas pour l'exécution d'un vaste programme de travaux d'élargissement du réseau téléphonique interurbain italien, prévu par la loi Calissano votée par le Parlement dès 1913.

La liaison des trois villes susmentionnées aura la forme d'un « Y ». L'union des trois bras aura lieu à Tortone. A Voghera est prévue la jonction future d'un câble qui descendant par Bologne, Florence, Rome et Naples vers l'Italie du Sud, constituera, pour ainsi dire, l'épine dorsale du système téléphonique de la Péninsule.

Le réseau Milan-Gênes-Turin embrassera environ 284 km. de câbles souterrains, pupinisés et pourvus d'amplificateurs selon le système Western. — Le contrat comprend la construction des canalisations, la fourniture et la pose des câbles ainsi que des bobines Pupin et des amplificateurs. — La dépense totale est prévue entre 40 et 50 millions de lires. Les travaux devront être terminés dans un délai de 27 mois, à partir de la date du contrat. Les travaux seront commencés aussitôt que le Conseil d'Etat, consulté, et la Cour des Comptes auront donné leur approbation formelle du contrat. Du point de vue technique l'installation sera exécutée selon les systèmes les plus modernes actuellement connus pour ce genre de travaux.

Les canalisations, en grès pour les traits urbains, seront pour la plus grande partie constituées par des canivaux en terre cuite. Les câbles seront du type dit « Patterson » à isolement en papier avec circulation d'air. La protection sera constituée par une gaine de plomb. Le nombre de conducteurs variera de 144 à 200 (36 à 50 quads, un quad se composant de deux paires). Les conducteurs auront en partie le diamètre de 0.9 et en partie de 1,3 mm.

Les points de pupinisation sont placés à une distance d'à peu près 1800 mètres les uns des autres. Les station d'amplification seront installées à Voghera, à Novi et à Montechiari près d'Asti.

Les câbles seront fabriqués pour deux tiers par la Sociatà Italiana Pirelli de Milan et pour un tiers par la Soc. Ing. V. Tedeschi et C° de Turin. La Western fournira les bobines Pupin et les amplificateurs. Ces trois compagnies participent à la Societa Italiana Ret Telefoniche Interurbane, signataire du contrat.

Le projet de cette installation est basé sur de longues études entreprises sous les auspices d'un syndicat, constitué sur l'initiative de la société Pirelli, par les compagnies ci-dessus mentionnées. Ces études ont entre autres tout spécialement approfondi le problème des interférences à craindre entre le réseau téléphonique projeté et les réseaux à haute tension, ceux-ci, ainsi que les chemins de fer électriques, étant tout particulièrement nombreux dans l'Italie du Nord.

Des spécialistes venus tout exprès de l'Amérique, et entre autres le Prof. Scott de l'Université de Yale, ont participé à ces études.

Le tracé choisi exclut tout danger d'interférences.

Une attention particulière a été donnée par le syndicat susmentionné à la préparation technique des Câbleries italiennes pour la fabrication des câbles du système Western, afin de trouver le meilleur rapport entre les câbles mêmes et le système de pupinisation et d'amplification adopté.

Par l'installation telle quelle est prévue, on compte faire face aux exigences du trafic jusqu'en 1940. Toutefois on commencera par n'installer qu'une partie des bobines Pupin et des groupes amplificateurs. Le nombre de ces appareils sera augmenté ensuite selon les besoins et progressivement jusqu'à ce que l'équipement soit complet.

Pose de câbles en Angleterre. — Le Post Office a passé des marchés relatifs à la pose de plus de 1.300 kilomètres de câbles ; la moitié des câbles comprendront des fils télégraphiques. On pourra relier ainsi 69 localités au réseau interurbain ; puis, pour développer le réseau urbain de Londres, on posera 800 kilomètres de nouveaux circuits. Ces travaux nécessiteront une main-d'œuvre nombreuse (plusieurs milliers d'hommes et de femmes) ; on espère qu'ils aideront à trouver une solution à la crise de chômage qui sévit actuellement.

L'exploitation téléphonique en Italie. — Dans un discours récent, le Ministre des Postes d'Italie s'est exprimé en ses termes :

Le fonctionnement défectueux du service téléphonique en Italie a provoqué de nombreuses réclamations. Il était d'usage d'incriminer l'incapacité des compagnies privées. Aujourd'hui les téléphones sont pour les trois-quarts aux mains de l'Etat ; cependant la moitié des communes n'ont pas le téléphone.

Voici le programme que l'Administration italienne entend réaliser immédiatement : achever l'installation des centraux téléphoniques automatiques de Turin, Gênes, Milan, Rome et Naples ; construire de nouveaux circuits pour faire face à l'accroissement du trafic ; relier entre elles par des lignes interurbaines, 409 villes principales ; rétablir les communications téléphoniques directes avec les villes de l'Europe centrale ; améliorer l'audition entre les deux extrémités du royaume ; achever la pose des circuits interurbains entre Milan, Gènes et Turin ; construire plusieurs stations radiotélégraphiques.

Les dépenses du service téléphonique pour l'exercice 1920-1921 s'élèvent à 74 millions de lires, non compris les intérêts du capital et l'usure des installations ; les recettes sont de 68 millions de lires. Les salaires payés au personnel figurent pour 65 millions, c'est-à-dire qu'ils absorbent approximativement 100 % des recettes. Il faudra revoir les tarifs, spécialement les plus faibles. Le ministre estime que pendant les trois derniers exercices, le déficit annuel des Postes et Télégraphes s'est élevé à 300 millions de lires.

Le « Post Office Electrical Engineers Journal. » — Cette publication trimestrielle, fondée en 1907, est l'organe de l'Institut des ingénieurs électriciens du Post Office britannique. L'Institut a été créé dans le but de parfaire les connaissances que possèdent ses membres sur toutes les questions se rapportant à la technique électrique aussi bien que sur celles relatives au transport des dépêches et, généralement, à l'emploi des machines dans les divers services du Post Office. L'Institut est un organisme semi-officiel. Tous les ans, il reçoit une subvention de l'Administration ; il est composé de membres proprement dits, de membres associés et de correspondants, ces trois classes représentant d'une façon équitable les diverses branches du service. La qualité de membre est accessible aux fonctionnaires des administrations coloniales et étrangères ; la plupart des fonctionnaires du Post Office des dominions sont membres de l'Institut ; comme les membres métropolitains, ils reçoivent le « Journal » en janvier, avril, juillet, octobre, et, en outre, une copie des mémoires techniques reconnus dignes d'être imprimés. Un conseil de délégués, élus chaque année par tous les membres, préside aux destinées de l'Institut.

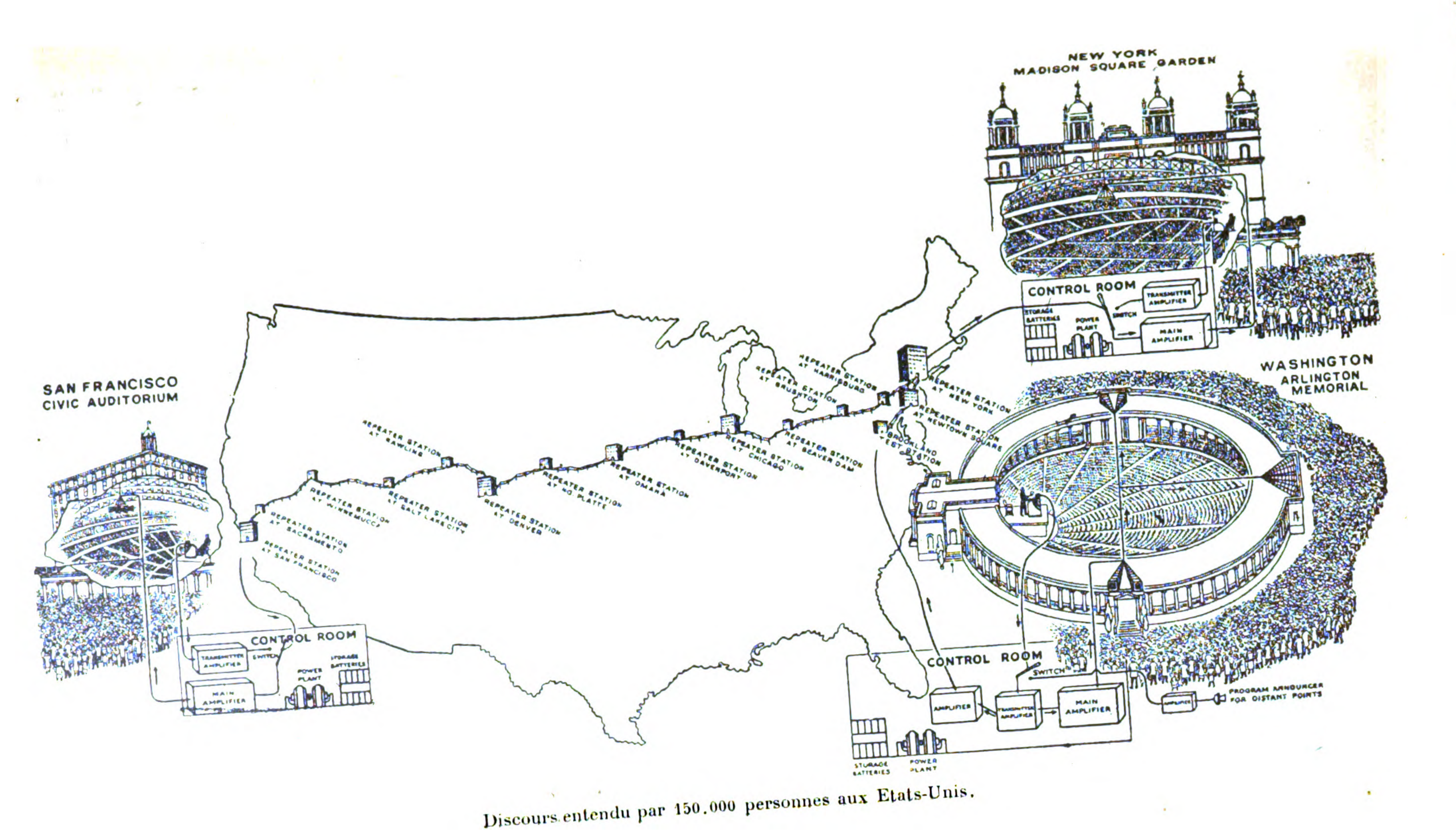
Le « Journal » vit par ses propres moyens ; il est publié par les soins d'une commission, dont trois membres sont nommés par le Conseil, et dont les autres, techniciens consommés, ont été choisis par l'Administration centrale. La commission se tient au courant des progrès les plus récents accomplis en Angleterre et à l'étranger. Chacun des numéros du « Journal » renferme des articles relatifs aux recherches les plus récentes, aux installations, systèmes ou appareils nouvellement inventés. On trouve notamment, dans les pages du « Journal », l'historique complet de l'évolution de la téléphonie automatique dans les divers pays. Les articles ne sont pas payés aux auteurs ; les demandes d'insertion émanant des techniciens étrangers sont de plus en plus nombreuses, car ils considèrent à bon droit le « Journal » comme le meilleur organe capable de répandre leurs pensées dans les divers pays de langue anglaise.

On trouve, à la fin de chaque numéro, la liste complète des mémoires publiés par les membres de l'Institut et mis en vente à l'heure actuelle.

Le « Journal » est publié par « The Electrical Review », 4, Ludgate Hill, London E. C. 4. Un numéro coûte 2 shillings, auxquels il convient d'ajouter trois pence pour frais d'envoi. Les demandes d'admission à l'Institut des personnes en résidence à l'étranger et aux colonies doivent être adressées au secrétaire de l' « Institution of Post Office Electrical Engineers », G. P. O. (west), London E. C. 1.

Discours entendu par 150.000 personnes aux Etats-Unis. — Le 11 novembre 1921, le président Harding a prononcé au monument funéraire d'Arlington un discours qui a été entendu simultanément à Washington, à New-York et à San Francisco par 150.000 personnes. Le courant initial a été amplifié un nombre de fois représenté par un 3 suivi de 27 zéros.

La figure ci-jointe montre comment les choses se sont passées : une première fraction du courant était amplifiée sur place au bénéfice des 100.000 assistants qui se trouvaient, pour la plupart, en dehors de l'enceinte du monument ; ce courant amplifié était distribué à des récepteurs spéciaux munis d'énormes porte-voix et l'audition était aussi bonne qu'à l'intérieur de l'amphithéâtre. La seconde fraction du courant était acheminée vers New-York, après avoir été amplifiée au départ également. A son arrivée au poste de relais de cette ville, le courant bifurquait de nouveau : une partie gagnait le jardin de Madison Square où 30.000 personnes s'étaient rassemblées pour participer de loin aux obsèques du soldat américain inconnu ; le reste du courant, après avoir été amplifié 13 fois en cours de route, parvenait au Civic Auditorium de San Francisco, où 20.000 personnes s'étaient rendues pour entendre la parole présidentielle. Malgré les énormes distances franchies (New-York est à 5.200 km. de San Francisco), les circuits et les appareils ont fonctionné avec une perfection telle que les auditeurs placés à 150 mètres des porte-voix avaient l'illusion de participer réellement à l'imposante cérémonie du jour anniversaire de l'Armistice.



Discours entendu par 150.000 personnes aux Etats-Unis.

L'organisation d'une grande compagnie téléphonique aux États-Unis (1). — La Bell Telephone C° of Pennsylvania est l'une des dix-huit grandes compagnies associées qui forment le système Bell aux États-Unis d'Amérique. Le territoire qu'elle dessert comprend la totalité des États de Pennsylvanie et de Delaware et la moitié de celui de New Jersey, soit 130.000 kilomètres carrés et 9.000.000 d'habitants et des villes importantes comme Philadelphie (1.600.000 habitants) et Pittsburg (550.000 habitants). Le nombre des abonnés desservis par la Bell Telephone C° of Pennsylvania dépasse 700.000 répartis dans 400 bureaux téléphoniques et le réseau exploité développe 3.000.000 de kilomètres de fil.

L'on donne ci-après (planche hors texte) le tableau complet de l'organisation de la Bell Telephone C° of Pennsylvania, tableau dans lequel sont indiquées toutes les subdivisions de tous les services d'études, de construction, d'exploitation, commerciaux, etc., l'échelonnement hiérarchique et les effectifs attachés à chaque spécialité.

On remarquera que la composition du journal de la compagnie, les « Telephone News », occupe à elle seule 5 employés de la compagnie qui n'ont aucun travail à effectuer.

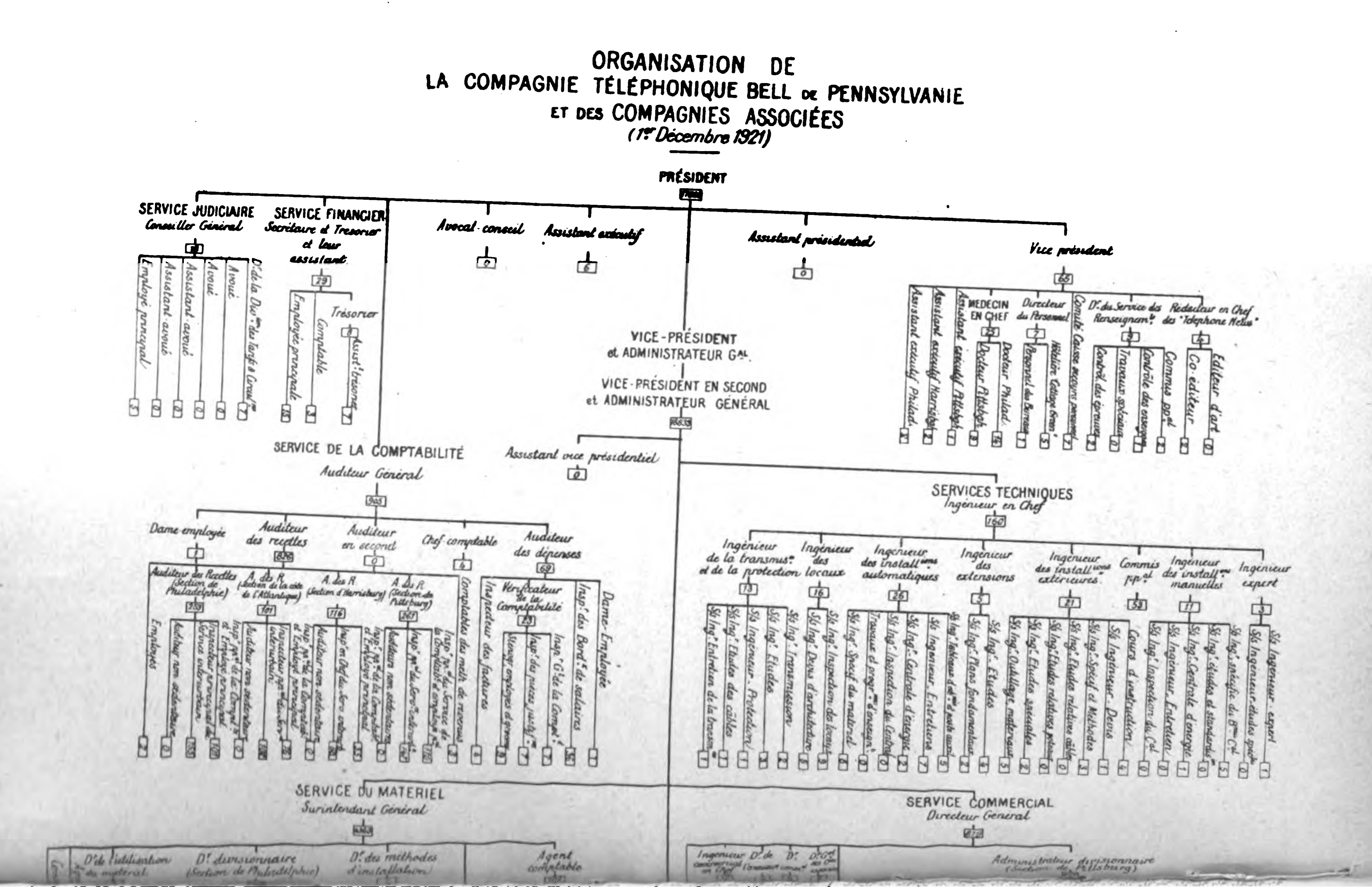
Les services techniques occupent 160 personnes pour les études techniques et 4.563 personnes pour les travaux d'installation et de mise en œuvre du matériel.

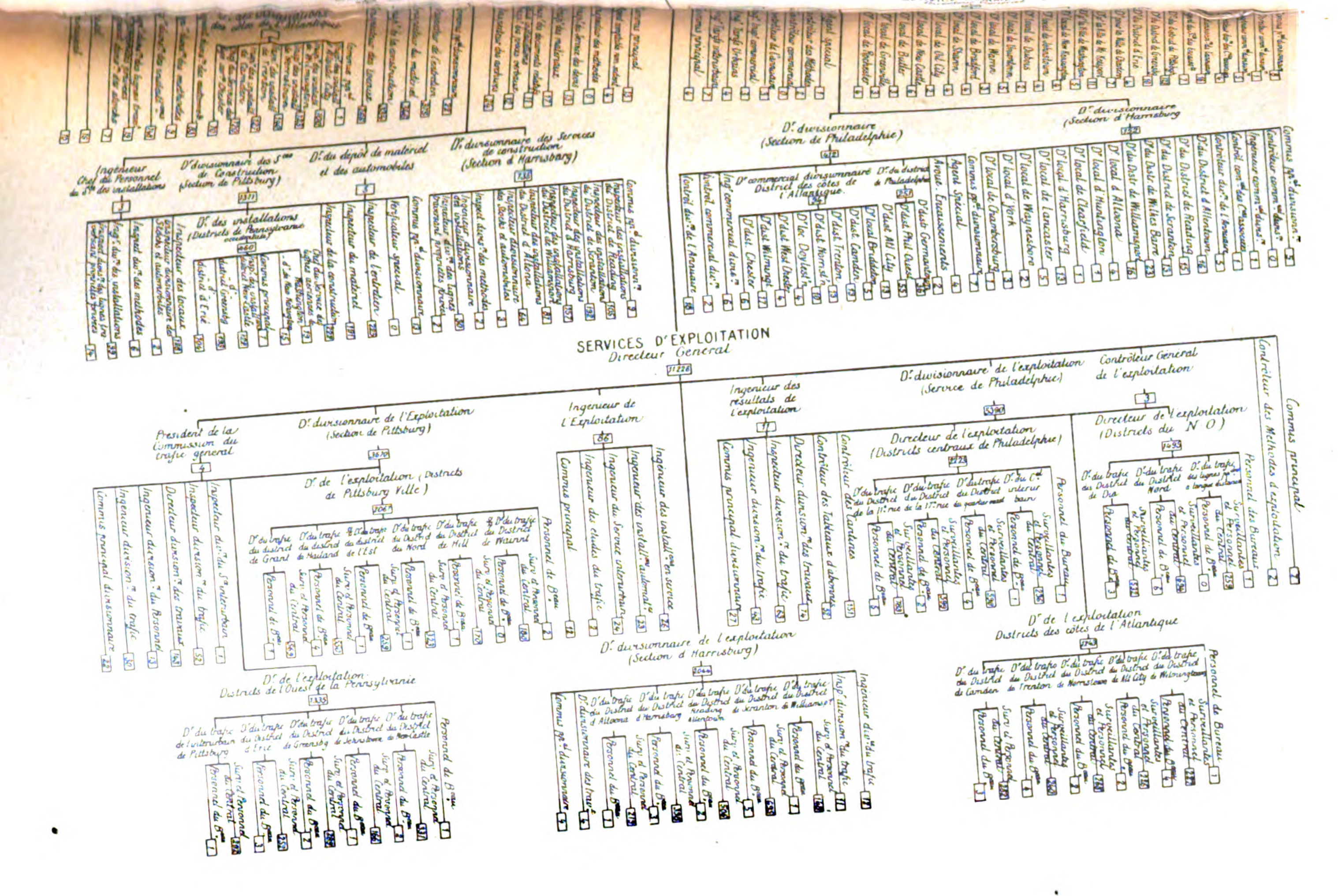
Les services commerciaux absorbent l'activité de 879 employés et les services d'exploitation, celle de 11.226 autres. Parmi ces derniers, on remarquera particulièrement que 11 sont affectés à l'étude statistique du trafic général et 86 autres à l'organisation centrale pour déterminer les méthodes de manipulation du trafic ; sans compter toutes les organisations locales dont le tableau permet de se rendre compte.

Cette compagnie puissamment organisée distribue des dividendes importants à ses actionnaires : 7.000.000 de dollars de dividende en 1921.

(1) Note remise par M. l'ingénieur des Postes et Télégraphes Reynaud-Bonin à la suite de sa mission en Amérique.




ORGANISATION DE
LA COMPAGNIE TÉLÉPHONIQUE BELL DE PENNSYLVANIE
ET DES COMPAGNIES ASSOCIÉES
(1er Décembre 1921)
PRÉSIDENT
SERVICE JUDICIAIRE
Conseiller Général
Dr de la Divon des Tarifs & Circul.
Avoué
Avoué
Assistant-avoué
Assistant-avoué
Employé principal
SERVICE FINANCIER
Secrétaire et Trésorier et leur assistant
Trésorier
Assist. trésorier
Comptable
Employée principale
Avocat-conseil
Assistant exécutif
Assistant présidentiel
Vice président
Rédacteur en Chef des "Téléphone News"
Éditeur d'art
Co-éditeur
Dr du Service des Renseignemts
Commis ppal
Contrôle des enseignts
Travaux spéciaux
Contrôl. des épreuves
Comité Caisse secours personnel
Directeur du Personnel
Hôtelière Cottage Green
Personnel des Bureaux
MÉDECIN EN CHEF
Docteur Philad.
Docteur Pittsbgh.
Assistant exécutif Pittsbgh.
Assistant exécutif Harrisbg.
Assistant exécutif Philad.
VICE-PRÉSIDENT et ADMINISTRATEUR Gal.
VICE-PRÉSIDENT EN SECOND et ADMINISTRATEUR GÉNÉRAL
Assistant vice présidentiel
SERVICE DE LA COMPTABILITÉ
Auditeur Général
Dame employée
Auditeur des recettes
Auditeur en second
Chef comptable
Auditeur des dépenses
Auditeur des Recettes (Section de Philadelphie)
A. des R. (Section de la côte de l'Atlantique)
A. des R. (Section d'Harrisburg)
A. des R. (Section de Pittsburg)
Employés
Auditeur non sédentaire
Inspecteur principal du Service interurbain
Insp. ppal de la Compt. et Employé principal
Auditeur non sédentaire
Inspecteur ppal du Serv. interurbain
Insp. ppal de la Compt. et Employé principal
Auditeur non sédentaire
Insp. en Chef du Serv. interurb.
Insp. ppal de la Comptab. et Employé principal
Auditeurs non sédentaires
Insp. ppal du Serv. interurb.
Insp. ppal du Service de la Comptabté et employé ppal
Comptables des méth. de revenus
Inspecteur des factures
Vérificateur de la Comptabilité
Sténogr. employés et grooms
Insp. des pièces justif.
Insp. Gal de la Compt.
Insp. des Bord. de salaires
Dame-Employée
SERVICES TECHNIQUES
Ingénieur en Chef
Ingénieur de la transmiss. et de la protection
S/s Ing. Entretien de la transm.
S/s Ing. Études des câbles
S/s Ingénieur. Protection
S/s Ing. Études
S/s Ing. Transmission
Ingénieur des locaux
S/s Ing. Devis d'architecture
S/s Ing. Inspection des locaux
Ingénieur des installations automatiques
S/s Ing. Spécif. du matériel
Travaux et progr. d'enseign.
S/s Ing. Inspection du Central
S/s Ing. Centrale d'énergie
S/s Ingénieur. Entretiens
S/s Ing. Tableaux d'ab. et de poste auxil.
Ingénieur des extensions
S/s Ing. Plans fondamentaux
S/s Ing. Études
Ingénieur des installations extérieures
S/s Ing. Outillage, matériaux
S/s Ing. Études spéciales
S/s Ing. Études relatives poteaux
S/s Ing. Études relatives câbles
S/s Ing. Spécif. et Méthodes
S/s Ingénieur. Devis
Cours d'instruction
Commis ppal
Ingénieur des install. manuelles
S/s Ing. Inspection du Cal
S/s Ingénieur. Entretien
S/s Ing. Centrale d'énergie
S/s Ing. études et standards
S/s Ing. spécific. du Bau Cal
Ingénieur expert
S/s Ingénieur-études spéc.
S/s Ingénieur. expert
SERVICE DU MATERIEL
Surintendant Général
Dr de l'utilisation du matériel
Dr divisionnaire (Section de Philadelphie)
Dr des méthodes d'installation
Agent comptable
SERVICE COMMERCIAL
Directeur Général
Administrateur divisionnaire (Section de Pittsburg)


SERVICES D'EXPLOITATION
Directeur Général
11226
Commis principal
Contrôleur des Méthodes d'exploitation
Contrôleur Général de l'exploitation
Directeur de l'exploitation (Districts du N O)
Personnel des Bureaux
Surveillantes et Personnel du Central
Personnel de Bureaux
Dr divisionnaire de l'exploitation (Service de Philadelphie)
Directeur de l'exploitation (Districts centraux de Philadelphie)
Personnel du Bureau
Contrôleur des Cantines
Contrôleur des Tableaux d'abonnés
Directeur division^re des travaux
Inspecteur division^re du trafic
Ingénieur division^re du trafic
Commis principal divisionnaire
Ingénieur des résultats de l'exploitation
Dr de l'exploitation Districts des côtes de l'Atlantique
Personnel de Bureau
Ingénieur div^re du trafic
Insp^r division^re du trafic
Dr divisionnaire de l'exploitation (Section d'Harrisburg)
Dr divisionnaire des trav^x
Commis pp^al divisionnaire
Ingénieur de l'Exploitation
Ingénieur des install^ons en service
Ingénieur des install^ons automat^ues
Ingénieur du Service interurbain
Ingénieur des études du trafic
Commis principal
Dr divisionnaire de l'Exploitation (Section de Pittsburg)
Dr de l'exploitation (Districts de Pittsburg Ville)
Dr de l'exploitation Districts de l'Ouest de la Pennsylvanie
Président de la Commission du trafic général
Inspecteur div^re du S^ce interurbain
Inspecteur division^re du trafic
Directeur division^re des travaux
Ingénieur division^re du Personnel
Ingénieur division^re du trafic
Commis principal divisionnaire
Dr divisionnaire (Section d'Harrisburg)
Commis pp^al division^re
Contrôleur comm^al div^re
Ingénieur comm^al div^re
Contrôl. com^al des Cies associées
Contrôleur div^re de l'Annuaire
Dr du District d'Allentown
Dr du District de Reading
Dr du District de Scranton
Dr du Distr. de Wilkes Barre
Dr du Distr. de Williamsport
Dr local d'Altoona
Dr local d'Huntington
Dr local de Clearfield
Dr local d'Harrisburg
Dr local de Lancaster
Dr local de Waynesboro
Dr local d'York
Dr local de Chambersburg
Dr divisionnaire (Section de Philadelphie)
Commis pp^al divisionnaire
Agent Spécial
Avoué. Encaissements
Dr commercial divisionnaire District des côtes de l'Atlantique
Dr du district de Philadelphie
Dr dist. Germantown
Dr dist. Phil Ouest
Dr dist. Atl City
Dr local Briddeton
Dr dist. Camden
Dr dist. Trenton
Dr dist. Norrist'n
Dr loc. Doylest'n
Dr dist. West Chester
Dr dist. Wilmingt.
Dr dist. Chester
Ing^r commercial divis^re
Contrôl. commercial div^re
Contrôl. div^re de l'Annuaire
Dr divisionnaire des Services de construction (Section d'Harrisburg)
Commis pp^al division^re
Inspecteur des installations du District de Reading
Inspecteur des installations du District de Scranton
Inspecteur des installations du District d'Harrisburg
Inspecteur des installations du District de Williamsport
Inspecteur des installations du District d'Altona
Inspecteur divisionnaire des Stocks et automobiles
Inspect. divis^re des méthodes
Ingénieur divisionnaire des installations
Inspecteur div^re des lignes traversant propriétés privées
Dr du dépôt de matériel et des automobiles
Commis pp^al divisionnaire
Vérificateur spécial
Inspecteur de l'entretien
Inspecteur du matériel
Inspecteur de la construction
Dr divisionnaire des S^ces de Construction (Section de Pittsburg)
Dr des installations (Districts de Pennsylvanie occidentale)
Chef du Service des lignes aériennes de Washington
Commis principal
Insp^r des install^ons district New Castle
district Greensburg
district d'Erié
Inspecteur des locaux
Inspecteur divisionnaire des Stocks et automobiles
Ingénieur Chef du Personnel du S^ce des installations
Inspect. div^re des méthodes
Ing^r div^re des installations
Inspect. divis^re des lignes traversant propriétés privées

Mise en service à Auxerre du nouveau type administratif de multiple téléphonique pour bureaux moyens. — Le bureau téléphonique d'Auxerre vient d'être refait avec les nouveaux types de commutateurs téléphoniques pour bureaux de moyenne importance préconisé par le Comité technique en 1918 (Voir à ce sujet les *Annales des P. T. T.*, année 1918, page 637 et année 1920, p. 140). Ces commutateurs sont montés par éléments de la dimension chacun d'un tableau Standard et ils peuvent recevoir un multiplage pour 1.000 abonnés avec la possibilité de munir à volonté chaque abonné d'une lampe d'appel devant chaque position d'opératrice urbaine.

L'installation d'Auxerre dessert déjà 600 abonnés et 80 circuits interurbains et il lui a été affecté 9 éléments de commutateur multiple, à savoir deux pour le service urbain et sept pour l'interurbain. L'extension ultérieure pour 5 groupes nouveaux a été ménagée dans la salle.

BIBLIOGRAPHIE.

A. — Bibliothèque des Annales
des Postes, Télégraphes et Téléphones.

Analogies mécaniques de l'électricité, par J.-B. Pomey, Ingénieur en Chef des Télégraphes ; conférences faites à l'École supérieure d'Électricité. Paris, Gauthier-Villars et C[ie], éditeur, quai des Grands Augustins, 55 ; un vol. in-8° (25-16) de 150 pages (1921).

Ce livre, qui vient de paraître, est dû à M. J.-B. Pomey, membre de la Commission des *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* ; l'auteur a eu occasion d'en recueillir les matériaux dans la préparation du cours d'électricité théorique qu'il professe à l'École supérieure des télégraphes, section des élèves-ingénieurs ; il en a fait l'objet de trois conférences à l'École supérieure d'électricité, comme annexe aux leçons de télégraphie sans fil qui y sont données par divers spécialistes et qui y forment un enseignement à part.

Les questions traitées se rapportent en somme à trois idées principales : la première est de faire voir que la théorie de Maxwell se résume en une hypothèse qui constitue en même temps une représentation mécanique des phénomènes de l'électricité. L'état du milieu élastique qui transmet la force électrique est caractérisé par un déplacement, bien déterminé en chaque point, et les réactions qui naissent de sa variation sont soumises aux lois générales de la mécanique, comme si elles étaient dues aux liaisons de quelque système caché. La plupart du temps, c'est le texte même de Maxwell qui se trouve reproduit.

La seconde idée, c'est que les nombreux problèmes relatifs aux déterminations des longueurs d'ondes et des amortissements que l'on trouve dans la littérature électrotechnique, au sujet des circuits oscillants, ne sont que des applications de la théorie des petits mouvements d'un système mécanique autour d'une position d'équilibre

stable ; et par suite, l'auteur énonce les divers théorèmes de cette théorie, en insistant sur les coordonnées normales. De nombreux emprunts sont faits à la théorie du son de Lord Rayleigh et à la mécanique de Whittaker.

Comme analogies mécaniques de l'électricité, l'auteur expose d'après Poincaré la théorie des sphères pulsantes de Bjerknès et d'après Lecornu, celle des oscillations d'une masse d'eau enfermée dans une conduite à parois élastiques.

Il expose aussi diverses analogies avec la théorie du choc ; et il dit quelques mots du bélier hydraulique de Bollée.

Enfin le troisième groupe d'études a trait à la génération des oscillations électriques dans une valve à trois électrodes. Ce problème a été envisagé par M. Gutton et M. Blondel a calculé l'amplitude. L'auteur reprend la question dans un cas simple où la solution se présente sous une forme peu compliquée. A l'occasion de ce problème, il a examiné en détail le fonctionnement de l'horloge Féry-Brillié.

Il termine, en faisant ressortir que les imitations mécaniques ne réussissent plus, quand interviennent les phénomènes de rayonnement.

Si nous entrons dans le détail, nous relèverons quelques points intéressants : les interprétations mécaniques du rotationnel et de la divergence, leur définition sans le secours d'axes de coordonnées, l'examen de la nature polaire et axiale des vecteurs champ électrique et champ magnétique respectivement, la formule abrégée qui donne, dans un milieu anisotrope, l'expression du pouvoir inducteur spécifique, après un changement de coordonnées, en considérant cette grandeur comme un tenseur ou comme une matrice ; nous citerons encore, dans la théorie du choc, l'extension d'un théorème de Thévenin aux phénomènes de perte d'énergie qui résultent de l'ouverture d'une branche dans un réseau de Kirchhoff ; dans la théorie des équations générales de la mécanique, l'auteur souligne le cas où il y a des intégrales immédiates, parce que certaines variables sont cachées (ignorables ou cycliques), cas fréquent en électricité, puisque dans un circuit métallique fermé la quantité d'électricité qui a traversé une section quelconque n'intervient que



par sa vitesse qui se présente sous la forme de l'intensité du courant. L'analogie de l'antenne et de la corde vibrante est indiquée d'une façon mathématique précise. L'auteur, dans l'étude algébrique de l'équation caractéristique de la lampe à trois électrodes, n'a pas cru devoir reproduire le beau travail de Hurwitz que l'on trouvera dans les *Mathematische Annalen* ; mais il a suivi la méthode de Cauchy, indiquée dans le Cours d'analyse de M. Émile Picard. D'ailleurs, une discussion directe montre que cette étude algébrique complète n'est pas absolument nécessaire lorsque l'équation caractéristique ne dépasse pas le troisième degré.

Pour voir comment la lampe peut devenir génératrice d'oscillation, l'auteur suppose tout d'abord qu'une force électromotrice alternative soit appliquée au circuit de grille et il étudie le régime périodique permanent stable qui tend à s'établir ainsi : il cherche alors pour quelles valeurs de la période, la différence de phase entre les courants du circuit de plaque et du circuit de grille devient telle que la force électromotrice agissante pourrait être produite par l'induction mutuelle de ces circuits. On se trouve conduit ainsi de la façon la plus naturelle aux périodes propres du système.

Dans le calcul de l'amplitude, il s'est placé dans le cas où le point moyen de fonctionnement de la lampe se trouve au centre de la courbe caractéristique, qui présenterait en ce point une inflexion. Les équations cessent d'être linéaires et les termes du troisième degré dans l'équation de la courbe permettent de déterminer l'amplitude.

Enfin, dans l'étude du mouvement d'un cadre galvanométrique fonctionnant en sonnerie, l'auteur a employé un développement en série de Fourier, qui a été donné, il y a de longues années, par Poincaré, comme note au Cours lithographié de Joseph Bertrand, à l'École Polytechnique ; le cas traité est celui, si fréquent en électrotechnique, où la courbe est une courbe en escalier formée exclusivement de parties verticales et de parties horizontales ; ce développement si intéressant mériterait d'être connu davantage.

B. — Ouvrages divers.

La théorie de la relativité restreinte et généralisée, par A. Einstein, traduit d'après la dixième édition allemande par Mlle J. Rouvière, avec une préface de E. Borel. Paris, Gauthier-Villars, 1 vol, in-16 de xxii-120 pages avec 5 figures. Broché : 7 francs.

Le but de ce livre est de permettre à ceux qu'intéresse la théorie de la relativité d'en acquérir une connaissance aussi exacte que possible, même s'ils ne possèdent pas l'appareil mathématique de la physique théorique.

La géométrie et l'expérience, par A. Einstein. Traduction française par Maurice Solovine. Paris. Gauthier-Villars, 1 vol. in-8° de 20 pages avec 2 figures. Prix : 3 francs.

Dans cet ouvrage est abordé à nouveau le grand problème de l'espace. Cette étude, qui s'appuie sur les importantes recherches effectuées en géométrie par Poincaré et Riemann, montre de quelle façon l'espace doit être conçu pour être en parfaite harmonie avec la théorie de la relativité.

L'industrie électrique, par Ch. Steinmetz, traduit de l'anglais par B. Giraud. Paris, Gauthier-Villars et Cie, éditeurs : 1 vol. in-8° raisin de 195 pages avec 50 figures. Prix : 18 francs.

Cet ouvrage traite de la production, du contrôle, de la transmission, de la distribution et de l'utilisation de l'énergie électrique, c'est-à-dire de l'exploitation des systèmes électriques et des appareils d'utilisation dans les conditions normales et anormales, et de l'étude de ses systèmes.

Les édifices physico-chimiques : Tome I, *L'Atome, sa structure, sa forme*, par le Dr Achalme, directeur de laboratoire à l'École des hautes études. Paris, Payot et Cie, un vol. in-8° de 244 pages avec 63 figures de 15 planches. Broché : 15 francs.

L'ouvrage doit comprendre sept volumes, dans lesquels, partant de quelques postulats très accessibles, on a cherché à pénétrer la

structure intime du monde extérieur, et à en donner une représentation concrète permettant une explication rationnelle des phénomènes chimiques et biologiques.

Quels sont les constituants de l'atome chimique ? Sont-ils réductibles à une ou plusieurs unités? Ces unités une fois définies, quel en est le nombre dans l'architecture de chaque atome ? Le nombre de ces unités une fois déterminé, suivant quels rapports sont-elles juxtaposées dans l'espace, c'est-à-dire quelle forme revêtent les divers agrégats chimiques ? — Telle est la division générale du premier volume de cet ouvrage, dont les derniers chapitres sont consacrés à l'étude particulière de chaque atome chimique.

Le Gérant,

Léon EYROLLES.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS.

11e ANNÉE. — N° 3. MAI-JUIN 1922. PRIX : 4 fr. 50.

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE PUBLIÉ PAR LES SOINS
D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.

PARAISSANT TOUS LES 2 MOIS.



LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE.
3 RUE THÉNARD. PARIS. Ve.

Prix de l'abonnement annuel : France :........ 24 francs ; Étranger :........ 27 francs.

COMMISSION DES ANNALES
DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

AVIS.

Les manuscrits adressés aux *Annales* sont soumis à l'examen d'une Commission dite *Commission des Annales des Postes et Télégraphes*.

Cette Commission se réunit à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, 20, rue Las Cases, Paris, VIIe.

Membres de la Commission :

M. Dennery, Inspecteur Général, Directeur de l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, Président.

M. A. Blondel, Membre de l'Institut, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

Le Général Ferrié, Membre de l'Institut, Inspecteur Général de la Télégraphie Militaire, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

M. Abraham, Professeur à la Sorbonne, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

M. Gutton, Professeur à la Faculté des sciences de Nancy, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

Les Directeurs du Personnel, de l'Exploitation Télégraphique et de l'Exploitation Postale à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes.

M. Milon, Professeur à l'École Supérieure, Directeur de l'Exploitation Téléphonique.

M. Pomey, Professeur à l'École Supérieure, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

M. Ferrière, Professeur à l'École Supérieure, Directeur des Postes et Télégraphes du département de la Seine.

M. Augier, Ingénieur en Chef des Postes et Télégraphes.

M. Diano, Directeur des Postes et Télégraphes.

M. Saunier, Chef de bureau à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes.

M. Reynaud-Bonin, Professeur à l'École Supérieure, Ingénieur des Postes et Télégraphes.

M. Valensi, Professeur à l'École Supérieure, Ingénieur des Postes et Télégraphes.

MM. Taffin, Directeur des Postes et Télégraphes, Cauchie, Inspecteur des Postes et Télégraphes, et Lavoignat, Contrôleur des Postes et Télégraphes, Secrétaires.

M. Pauly, Rédacteur des Postes et Télégraphes, Secrétaire-adjoint.

NOTA : La *Commission des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs, elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

TABLE DES MATIÈRES.

CONFÉRENCE

DONNÉE

A L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES

SUR

Les phénomènes physiques le long des fils téléphoniques,

Par M. KENNELLY,

Professeur à l'Université à Harvard
et au Massachusetts Institute of Technology.

Je voudrais vous entretenir aujourd'hui des phénomènes physiques qui se produisent le long des fils téléphoniques ; je vous présenterai principalement des résultats qualitatifs sans entrer dans des discussions d'algèbre, voire d'arithmétique.

Permettez-moi de vous signaler en passant qu'à mon avis l'arithmétique est, dans le domaine de la pratique, beaucoup plus importante que l'algèbre et l'analyse. Sans doute, je ne veux pas contester l'intérêt des grandes sciences mathématiques ou des importants travaux des grands mathématiciens qui ont été nécessaires pour développer ce que nous savons de la physique ; mais tout cela appartient à la science pure et non à la science de l'ingénieur ou aux sciences appliquées. Il nous faut toujours avoir devant les yeux les valeurs numériques des grandeurs physiques, c'est-à-dire les quantités de l'arithmétique ; aussi, à notre point de vue d'ingénieur, considérons-nous l'arithmétique comme la mère de toutes les sciences mathématiques, de tous les calculs, de toutes les mathématiques supérieures. Un ingénieur est avant tout un arithméticien et ensuite un mathématicien.....

Nous allons considérer une ligne téléphonique comme une ligne sur laquelle se fait un transport d'énergie, la quantité d'énergie transportée étant d'ailleurs très petite.

Les mots de transport d'énergie éveillent d'abord en nous l'idée des lignes desservant les stations hydro-électriques, qui distribuent l'énergie dans toute une région, y amenant la lumière, la force, le travail. Dans le cas de la ligne téléphonique, l'énergie transportée fait marcher un petit appareil-moteur de nature toute spéciale qui a un mouvement alternatif et non pas un mouvement tournant, et l'appareil transmetteur est un appareil dynamo-électrique (au sens le plus général du mot) qui fournit à la ligne

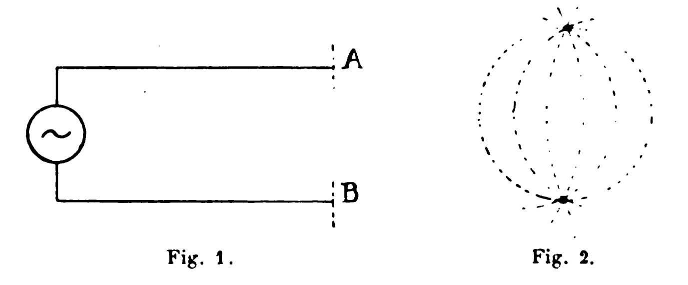


Fig. 1. Fig. 2.

l'énergie nécessaire pour arriver jusqu'à l'instrument téléphonique.

Nous savons qu'à une ligne conductrice en action sont attachées deux quantités, d'une importance énorme; ce sont deux flux : un flux magnétique et un flux électrique. C'est donc au point de vue de ces quantités que nous allons aborder aujourd'hui l'étude que nous nous sommes proposée.

Le flux électrique est quelque chose d'invisible qui se trouve dans l'espace entre deux conducteurs électrisés, par exemple entre les deux conducteurs d'une ligne électrique ou entre les deux conducteurs d'une machine électrique d'une espèce quelconque. Entre ces deux conducteurs il y a une matière isolante (qui est par exemple l'air), traversée par un flux qui s'appelle le flux électrique. Nous ne pouvons pas savoir et exprimer ce qu'est ce flux électrique, mais son action est facile à mettre en évidence. On peut l'observer si l'on met de petites boules de matière dans cet espace électrisé où passe le flux : il s'exerce alors des forces mécaniques. Relions deux lignes d'égale longueur isolées chacune à une de leurs extrémités, aux bornes d'une source qui peut être

alternative. Entre ces deux lignes circule une distribution de flux électrique invisible qui ne peut dépasser la ligne AB (fig. 1) puisque les conducteurs sont isolés en ces deux points. Si nous mettons en évidence l'existence de ce flux électrique en déterminant la force qu'il est susceptible d'exercer, nous déterminons en même temps sa distribution. La distribution géométrique de cette force électrique est toujours circulaire ; c'est-à-dire que chacune des lignes d'action de ces forces invisibles, que nous pouvons déterminer et tracer par des procédés convenables, est, en tout point dans le cas de deux fils parallèles l'un à l'autre, tangente à un cercle perpendiculaire au plan des deux fils et passant par leurs traces.

Ce flux électrique possède de l'énergie ; c'est-à-dire qu'on ne peut pas créer et produire un flux électrique dans un espace sans fournir à cet espace une certaine quantité d'énergie pour laquelle il faut payer quelque chose. Il est bien évident qu'il faut toujours payer quelque chose pour produire de l'énergie ; il faut donner assez d'énergie à la source pour pouvoir produire toute la quantité d'énergie qui se trouve dans le milieu isolant entre les deux conducteurs. La quantité d'énergie peut être petite dans un centimètre cube d'air entre les deux fils, mais dans un grand volume d'espace la quantité d'énergie électrique qui se trouve répandue (associée avec ce flux électrique) peut être très considérable.

Si ce flux reste tranquille sur deux fils reliés aux bornes d'une source électrique, nous ne pouvons pas observer de flux magnétique.

Le flux électrique est susceptible de se déplacer, de se propager. Relions notre machine à deux longues lignes par l'intermédiaire d'un interrupteur double. Au moment où nous fermons cet interrupteur, le flux va entrer entre ces deux longues lignes et se propager.

La vitesse de propagation de ce flux est énorme, aussi bien dans le conducteur que dans l'air ou dans l'isolant ; dans l'air, si nous prenons deux fils aériens, cette vitesse est celle de la lumière, c'est-à-dire à peu près 300.000 kilomètres à la seconde; mais en fait, la vitesse avec laquelle ce flux électrique se propage, et qui

a été déterminée au moyen de certaines observations, est moindre que la vitesse de la lumière ; c'est-à-dire que, si celle-ci est, comme dans l'air, de 300.000 km par seconde, nous pouvons au moyen d'expériences trouver que la vitesse apparente est peut-être de 200.000 ou même de 100.000 km à la seconde. En tous cas elle est toujours inférieure à la vitesse de la lumière et jamais supérieure.

Mais la raison pour laquelle la vitesse apparente sur un circuit téléphonique est inférieure à la vitesse de la lumière dans l'air (milieu isolant se trouvant entre les deux fils), c'est qu'il y a perte d'énergie soit dans le conducteur, soit dans les isolateurs qui supportent le conducteur. Un exemple nous fera comprendre comment une perte d'énergie peut se traduire par une diminution de vitesse apparente. Supposons qu'une troupe d'hommes s'avance et coure vers un point lointain à une vitesse de 10 kilomètres à l'heure. A ce moment il y a des mitrailleuses dirigées vers la tête de la colonne,... les hommes à la tête disparaissent, tombent les uns après les autres ; si vous calculez entre le point de départ de la colonne et le fort vers lequel elle se dirige, vous trouverez le temps que le premier homme mettrait pour arriver. Ce temps n'est pas celui que mettra la tête de colonne pour atteindre le fort... Si les hommes arrivent à 10 kilomètres à l'heure, puis tombent le premier ici, le second un peu plus loin, ce n'est peut-être que le vingtième qui arrivera au but. Alors, la vitesse apparente, tenu compte des pertes de la troupe pendant l'avance, est toujours inférieure à la vitesse de l'avance de chaque homme.

La même chose se produit ici sur les lignes téléphoniques : le flux électrique s'avance avec la vitesse de la lumière, mais en raison de la perte d'électricité et d'énergie, soit dans la substance du conducteur, soit dans l'isolant, la vitesse apparente avec laquelle l'onde arrive au but éloigné est toujours inférieure et quelquefois même très inférieure à la vitesse avec laquelle l'électricité s'avance.

Tout d'abord ce flux électrique se propage avec une vélocité énorme, puisque vous savez qu'une distance de 3.000 km sera parcourue en 1/100 de seconde seulement en marchant à la vitesse de la lumière.

Le premier effet de cette propagation du flux électrique est la création d'un flux magnétique qui circule autour des conducteurs. Le flux magnétique est une influence, une action invisible qui se trouve entre les pôles d'un aimant. Si nous prenons un grand aimant, les pôles d'une dynamo par exemple, nous savons qu'il y a entre ces pôles une force magnétique invisible que nous appellerons flux magnétique. Ce flux magnétique possède toujours de l'énergie. Chaque centimètre cube d'espace magnétisé, c'est-à-dire traversé par le flux magnétique, possède une certaine quantité d'énergie, et l'énergie totale du flux magnétique sur une ligne téléphonique ou télégraphique peut être dans l'ensemble assez considérable. Mais la première loi à remarquer est qu'au moment où ce flux s'élance sur le fil, lors de la fermeture de l'interrupteur, il y a des flux magnétiques qui se développent dans le système.



Fig. 3.

Représentons les fils par leurs traces, dont nous avons déjà parlé (fig. 3). Les flux électriques dans les lignes sont toujours circulaires. Il y a toujours un flux magnétique qui va de l'aimant à travers chaque ligne électrique. Les deux lignes de flux sont perpendiculaires l'une à l'autre et produisent un système magnétique de cercles. Ceux-ci prennent toujours leur centre sur une ligne qui relie les deux fils. Ces lignes de force magnétiques coupent toujours le flux électrique perpendiculairement. Ce qui est très curieux et très intéressant, c'est qu'à chaque point de l'espace l'intensité du flux électrique est arithmétiquement la même que l'intensité du flux magnétique en exprimant toujours ces intensités au moyen d'unités propres ; c'est-à-dire que si vous avez une intensité de 1 unité électrique, vous aurez également au même point une intensité de 1 unité magnétique. Les deux flux se propagent ensemble.

Vous aviez jusqu'ici le flux électrique seulement, mais quand le courant se propage, vous en avez deux ; l'un que nous appellerons flux électrique, l'autre qui est le flux magnétique. Ils peuvent se propager dans tous les points, et ils ont

toujours la même intensité à chaque point, de plus ils ont une distribution circulaire. Ces deux flux possèdent nécessairement de l'énergie ; c'est-à-dire qu'en chaque point il y a dans un centimètre cube une certaine quantité d'énergie électrique et d'énergie magnétique. Ces quantités volumiques d'énergie sont égales ; c'est-à-dire que les énergies électriques et magnétiques par centimètre cube dans une propagation de cette espèce, sont toujours égales. Ces deux phénomènes connexes se produisent simultanément, le flux électrique et magnétique se propageant avec la vitesse de la lumière. Ils prennent alors le nom d'impul-

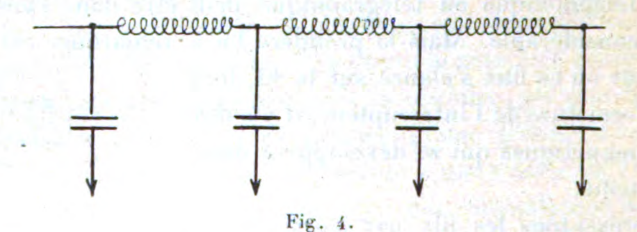


Fig. 4.

sions électro-magnétiques ou ondes électro-magnétiques. L'action et l'activité d'une onde électro-magnétique se décomposent alors en celles de ces deux flux. C'est une onde qui transporte de l'énergie parce que chaque élément de volume sur lequel elle agit possède cette énergie, moitié sous forme électrique, moitié sous forme magnétique, et l'énergie de transport et l'énergie dans le flux se propagent à cette vitesse énorme.

Nous pouvons donc dire que sitôt la fermeture de l'interrupteur double que nous avons considéré, on ne peut pas avoir une apparition d'énergie, en un point donné, avant un certain temps : le temps nécessaire pour la propagation de l'onde depuis la source jusqu'au point considéré sur la ligne. Nous avons pu contrôler ce fait dans nos laboratoires sur des lignes artificielles. Comme vous, nous avons des lignes artificielles téléphoniques qui se composent d'éléments comportant chacun des bobines de self et de résistance, mises à la terre par l'intermédiaire de condensateurs. Une association de ces bobines et de ces condensateurs forme une ligne artificielle, qui correspond, pour une fréquence donnée, à une ligne réelle pratique téléphonique.

Nous avons pu trouver au moyen des oscillographes que si nous appliquons une force électro-motrice à l'origine d'une ligne téléphonique artificielle correspondant peut-être à 1.000 kilomètres de ligne réelle, nous ne recevrons aucune influence à l'extrémité réceptrice pendant un certain laps de temps qui correspond à la vitesse de propagation apparente sur cette longueur de ligne. Une longueur de ligne de 1.000 kilomètres devrait être parcourue en environ la 300e partie d'une seconde. En fait, le temps réel de la propagation sur une ligne de cette longueur est toujours un peu plus considérable en raison de la perte d'énergie dont nous avons déjà parlé ; ce sera peut-être un

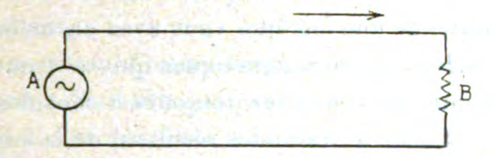


Fig. 5.

1/200 de seconde au lieu de 1/300. A ce moment l'oscillographe indique l'arrivée de l'onde ; cette onde consiste en un assemblage de flux magnétique et électrique, et l'énergie de cette onde est contenue dans ce double flux ; cette onde peut donner son énergie à l'appareil récepteur, mais ordinairement il arrive que le flux ne se propage pas avec toute son énergie jusqu'à un appareil récepteur branché sur la ligne.

Vous voyez ici (fig. 5) l'extrémité génératrice et l'extrémité réceptrice de la ligne. Si on isole cette dernière, aucune partie de l'énergie ne peut se propager au delà.

Alors qu'arrive-t-il ? En parvenant à ce point, l'onde se réfléchit immédiatement en partant de l'extrémité isolée, et parcourt la ligne une seconde fois dans la direction inverse. Si l'onde initiale se propage de gauche à droite, quand elle arrive à l'extrémité isolée elle ne peut passer et se rejette dans la direction opposée, c'est-à-dire de droite à gauche, comme une balle de billard qui arrive sur une bande ou un rayon de lumière tombant sur un miroir.

Au moment où se produit la réflexion de l'onde arrêtée par l'isolement, il se fait une superposition de deux ondes, c'est-à-dire que les flux de l'onde qui arrive et de celle qui est réfléchie s'ajoutent l'un à l'autre. Cependant ces flux se comportent, au point de réflexion, de manière différente. De plus, les deux ondes conservent, en quelque sorte, leur caractère propre.

Après la réflexion on trouve encore, aux points qui n'ont pas été atteints par l'onde de retour, l'ensemble des flux électrique et magnétique, ayant encore, comme dans des conditions primitives, la même intensité à chaque point. Mais, dans l'onde composée, vous aurez peut-être deux fois plus d'intensité électrique que d'intensité magnétique. La simplicité de distribution des flux n'est pas maintenue une fois que vous avez un mélange d'onde.

Dans les ondes électro-magnétiques qui se trouvent dans le circuit téléphonique, vous avez toujours à considérer les ondes mélangées, c'est-à-dire les ondes résultant de la superposition à l'onde directe des ondes produites par de multiples reflexions.

En effet, une fois que l'onde de retour parvient au point où la ligne est branchée à la source il y a encore une réflexion et production d'une troisième onde, se propageant dans la direction primitive, toujours, avec la même vitesse énorme. Cette onde va se refléchir au même point que la première onde, et ainsi de suite. Ainsi, vous avez une succession constante d'ondes réfléchies, et dans 1/10 ou 1/100 de seconde, une foule énorme d'ondes successives et contrariées qui s'ajoutent les unes aux autres.

C'est en somme le même phénomène que sur la mer où vous avez une succession de vagues houleuses qui se mélangent l'une à l'autre sans se détruire. La nouvelle onde ne détruit pas l'onde ancienne : elle s'ajoute, sans aucun déplacement, à l'onde primitive, ce qui donne une succession énorme d'ondes ajoutées les unes aux autres.

Si nous avions des yeux capables de saisir ce qui se passe dans le milieu isolant aérien entre deux fils parallèles téléphoniques, nous pourrions sans doute constater qu'il y a tout d'abord une onde qui s'élance de la source avec une rapidité extrême

et se réfléchit lorsqu'elle rencontre l'obstacle, puis l'onde primitive revenant de la source se réfléchit une seconde fois et ainsi de suite.

Cependant l'amplitude des flux, après réflexions successives, diminue toujours parce qu'il y a des pertes continuelles d'énergie primitive. L'onde qui se réfléchit est toujours un peu moins intense que l'onde originale, et finalement de diminution en diminution elle s'éteint. Mais théoriquement cette réflexion continue à l'infini, c'est-à-dire qu'une fois que vous avez fermé un interrupteur, si vous avez la source électrique ici à Paris, et que vous envoyez une onde se propager à Marseille, elle reviendrait de Marseille à Paris se mélangeant à l'onde primitive qui se propage toujours.

Cette propagation d'ondes serait très rapide parce que la distance de Paris à Marseille est peut-être seulement de 1.000 kilomètres, c'est-à-dire que dans un 1/300 de seconde cette distance de Paris à Marseille serait parcourue et que dans un 1/10 de seconde vous auriez une foule énorme de ces réflexions continuant en théorie jusqu'à l'infini.

Dans la pratique l'effet sera complet au bout de 1/20 de seconde peut-être, c'est-à-dire qu'après le premier 20e de seconde, ce qui reste d'énergie est si faible qu'on peut le négliger au point de vue de l'ingénieur ; mais au point de vue du philosophe, une influence continue toujours.

Nous avons considéré jusqu'ici une ligne isolée, mais supposons maintenant qu'elle ne l'est pas et qu'elle est reliée à un appareil téléphonique. Voici ce qui va arriver : une partie de l'onde originale, comportant deux flux électrique et magnétique de même intensité, arrive à l'entrée du récepteur, et là elle se réfléchit partiellement : une partie seulement est absorbée, tandis que l'autre se réfléchit. C'est comme une vague de la mer qui se jette non pas sur un rocher rigide mais sur un rocher élastique. Dans ces conditions une partie de l'onde est absorbée par l'élasticité du rocher et l'autre partie est réfléchie dans une onde de réflexion ; elle revient et se mélange, venant toujours de la source, de sorte qu'après 1/10 de seconde vous avez une onde,

composée résultant de la superposition d'un grand nombre d'ondes partielles. Cette onde composée, c'est l'intensité de courant dans le circuit. Cette intensité est en réalité une addition des ondes qui se propagent avec la vitesse de la lumière, tout au moins théoriquement, mais en réalité inférieure en raison de la perte dans l'inducteur, etc...

Il faut donc considérer qu'une intensité alternative produit en B à Marseille, après la fermeture de l'interrupteur, une addition successive de petites réflexions des ondes qui viennent une première, une deuxième, une troisième, une quatrième fois, etc., se mélangent entre elles et produisent un effet final qui théoriquement, en supposant les ondes réfléchies indéfiniment, pourraient avoir lieu dans 1/10 de seconde.

Nous avons des moyens de calcul qui nous permettent de calculer chacune de ces petites ondes qui arrivent les unes après les autres en petites impulsions rapides, d'en faire la somme au moyen de fonctions mathématiques très simples, et aussi de nous donner la valeur de l'intensité du courant alternatif qui se trouve en B ou en chaque point de la ligne.

Voilà à notre avis une idée de ce qui se passe en pratique sur une ligne à courant alternatif.

Sur un circuit de T. S. F., c'est-à-dire dans le cas de la radiocommunication télégraphique, nous appliquerons les mêmes règles fondamentales. Seulement, dans ce cas, nous devrons admettre qu'il n'y a pas ou presque pas de réflexions.

Nous aurons alors un flux électrique autour de l'antenne, avec une certaine quantité d'énergie répartie dans chaque centimètre cube de l'espace autour de la tour. Cette condition d'électrification peut durer indéfiniment si on ne permet pas une décharge soudaine à la terre. Si nous permettions à l'appareil de faire une décharge soudaine à la terre, tout ce système invisible électrostatique et électrique se déchargerait, disparaîtrait dans la direction de la terre. En s'en allant, il développerait un système de cercles de flux magnétiques ayant tous leurs centres sur l'antenne.

Voici ce que nous constaterions si nous avions des yeux pour

voir ce qui se produit au moment où arrive l'étincelle de décharge à la base de l'antenne ; le flux électro-statique se propageant le long du fil comme s'il voulait se propager sur une ligne continue, produit un système invisible de flux magnétique annulaire ; leur

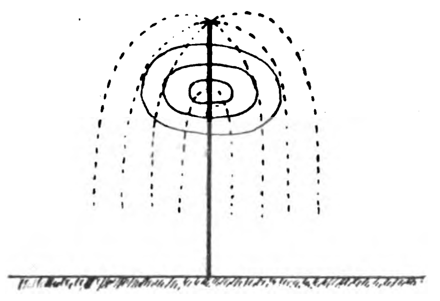


Fig. 6.

ensemble constitue une onde électro-magnétique. Avant la décharge il y avait seulement un système électrique ; pendant la décharge et après, il y a un système mélangé électro-magné-

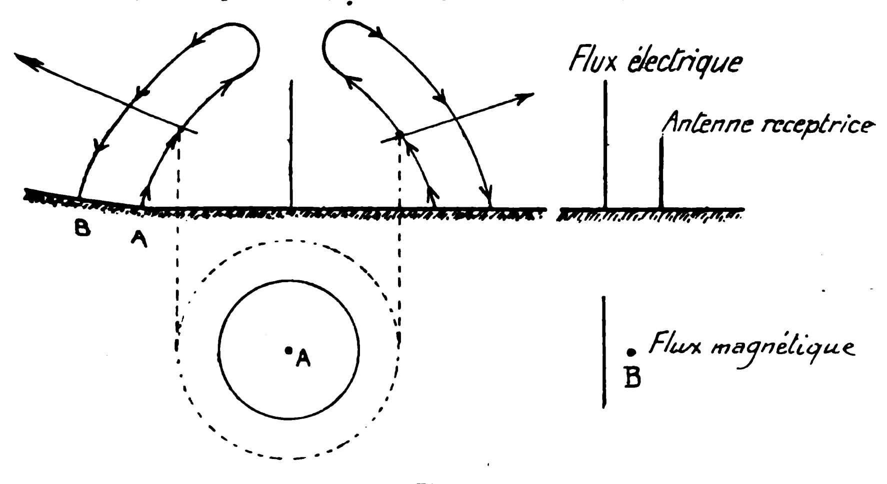


Fig. 7.

tique. La décharge soudaine fait passer une onde de cette espèce dans l'air qui entoure l'antenne et produit un système annulaire de flux électrique qui se recourbe et retourne vers la terre de la manière que je vous ai déjà signalée, formant des boucles partant de la terre en A et retournant au point B (fig. 7).

Il en est de même tout autour de l'antenne. Supposons que nous puissions prendre place sur un avion, voyager au-dessus de l'antenne et regarder avec les yeux tout spéciaux dont je vous parlais tout à l'heure, pouvant distinguer les phénomènes électro-magnétiques qui se passent... La trace de l'antenne serait le point A, les cercles magnétiques de flux l'entourent, formant autour d'elle le flux annulaire qui se rencontre dans le cas de toute ligne électrique et s'avance avec la vitesse de la lumière, toujours dans la direction des flèches.

Il y a également des lignes annulaires de flux magnétique qui se propagent avec le système électrique constituant une onde électro-magnétique dont l'énergie est répartie entre les deux flux, moitié à l'état statique et moitié à l'état magnétique.

Si l'on met en B une antenne réceptrice verticale, les lignes de force électrique parvenant en B sont des verticales se déplaçant parallèlement à elles-mêmes. Les lignes de force magnétique sont parallèles à la terre.

Le flux magnétique coupe l'antenne tandis que le flux électrique baigne l'antenne.

Le flux magnétique produit une force électro-motrice dans l'antenne réceptrice. C'est comme si vous aviez une dynamo, et dans la dynamo un flux dans l'entre-barre. Les flux balayés par la barre le sont avec une certaine fréquence. Il se développe dans la barre certaines forces électro-motrices dont la valeur dépend de l'intensité du flux, de la fréquence du balayage et de la longueur du fil.

Ici, vous avez la même chose, mais avec un conducteur qui reste en place et un flux se propageant avec une vitesse très grande. Dans la dynamo le flux se déplace de quelques mètres par seconde, tandis que dans le cas de l'antenne c'est par quelques centaines de kilomètres par seconde qu'il faut compter. Alors un flux magnétique très petit, très faible, coupant une longueur de vingt mètres de fil, avec cette rapidité énorme, peut produire des forces électro-motrices suivant la même loi que celle qui régit la dynamo. Leurs valeurs sont assez considérables.

C'est donc le même principe qui se retrouve dans une antenne

réceptrice de T. S. F. ou dans une dynamo ordinaire ; mais dans une dynamo, il y a ordinairement des ondes simples sans réflexion, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de montagnes ou de rochers servant de miroir, et vous avez toujours des flux électriques et magnétiques de même intensité qui s'entrecroisent en se propageant, la force électrique étant toujours verticale, le flux magnétique étant toujours horizontal.

Sur les lignes téléphoniques vous avez des distributions circulaires, mais si pour les premières ondes les phénomènes sont les mêmes, il n'en est plus de même après une succession d'ondes

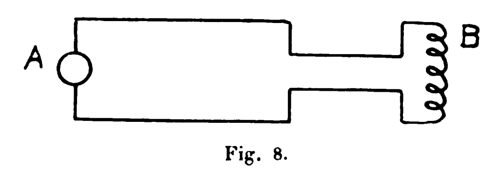


Fig. 8.

dans lesquelles l'intensité électrique et très différente de l'intensité magnétique.

Il y a sur toute ligne à courant alternatif une indépendance caractéristique déterminée par les constantes de la ligne. Par exemple sur une ligne téléphonique souterraine, cette résistance caractéristique est à peu près de 50 ohms, tandis que sur une ligne aérienne, l'impédance caractéristique varie avec les dimensions et la distance entre les fils. Elle peut être de l'ordre de 200, 300, 500 ohms, mais cette impédance caractéristique est toujours identique pour la même construction de ligne.

Si vous avez deux lignes téléphoniques de 3 millimètres d'épaisseur à une distance de 4 centimètres, l'impédance caractéristique reste toujours la même tout le long de cette ligne jusqu'au point où vous entrez dans l'appareil transmetteur ou l'appareil récepteur.

Alors, si vous mettez à l'extrémité de votre ligne téléphonique une résistance qui soit la même que la résistance caractéristique de la ligne, vous observez qu'il n'y a aucune onde réfléchie, c'est-à-dire que dans ce cas particulier chaque onde électromagnétique qui arrive de A (fig. 8) pour une fréquence donnée,

est absorbée par l'appareil B et n'est pas réfléchie. Mais ceci n'est vrai que pour ce cas particulier.

Si la résistance de l'appareil en B est plus ou moins grande que la résistance caractéristique de la ligne, vous aurez une certaine réflexion. Alors que, quand une onde arrivant de A est absorbée, il n'y a aucune réflexion et que l'intensité de la première impulsion est la même qu'après un temps indéfini — supposons dix minutes — il n'en sera pas ainsi pour toute autre impédance de l'appareil récepteur. Vous aurez alors des réflexions, les ondes s'ajouteront l'une à l'autre et produiront une certaine somme...

Nous avons pu constater ce fait dans les laboratoires en donnant à l'appareil récepteur la résistance de la ligne, mais je le répète, c'est un cas tout à fait spécial.

Nous n'employons pas d'appareil téléphonique possédant cette impédance caractéristique de la ligne, car on serait obligé d'avoir des appareils spéciaux pour chaque construction de ligne ; ce serait très gênant si en changeant de ligne on changeait nécessairement d'appareil.

Si donc nous avons deux espèces de lignes, d'une part, 100 kilomètres de ligne aérienne de 3 à 40mm de distance inter-axiale, et d'autre part une ligne de 100 kilomètres de diamètre différent ou de distance inter-axiale différente, et si nous mettons ces lignes bout à bout, nous aurons une réflexion soudaine, brusque, quand les ondes arrivent au point de jonction. Tout changement dans les dimensions d'une ligne téléphonique produit une réflexion invisible des ondes émises et la même chose se manifeste également à l'entrée de l'appareil et à l'extrémité de la ligne.

Une partie de l'onde continue à s'avancer et une partie est réfléchie ; la partie réfléchie pour le flux magnétique n'est pas la même que pour le flux électrique, mais on peut toujours calculer dans un cas pratique quelle sera l'intensité totale produite ainsi, et quelle sera l'intensité totale produite en B après 1/10 de seconde, c'est-à-dire à peu près la même chose qu'au bout d'un temps infini.

Vous pouvez imaginer que dans un circuit téléphonique, si le

circuit passe de câble en ligne aérienne, et de ligne aérienne en câble, ou même d'une qualité de câble à une autre qualité de câble, à chaque jonction entre ces sections se produiront des réflexions brusques de courant alternatif qui passent sur le système et les ondes seront très mélangées. Il y aura non seulement des réflexions finales à l'instrument récepteur, mais aussi des ondes qui se réfléchiront à la jonction de toutes les sections. C'est une très grande complication et il serait difficile d'additionner, par simples calculs d'arithmétique, la totalité des impulsions des ondes émises et réfléchies et qui se trouvent en chaque point.

S'il fallait tenir compte de tout ce qui se passe à l'infini, cela serait terriblement compliqué. Heureusement nous avons les moyens de faire ces additions immédiatement sans considérer séparément chaque impulsion, le nombre de réflexions qu'elle subit et la loi de sa propagation. Mais, physiquement, on devrait considérer que chaque changement brusque de section de ligne donne naissance à des réflexions.

Vous savez qu'il y a dans la téléphonie une certaine perte téléphonique. Quand on réunit une ligne aérienne à une ligne souterraine en câble, ou inversement, les ingénieurs disent qu'ils n'ont pas une ligne régulière, mais bien une jonction avec une autre espèce de ligne et que la jonction équivaut à l'addition de 2 miles de câble, c'est-à-dire que l'effet de jonction est d'ajouter à la longueur du système ce qu'on appelle 2 miles de câble. Rappelons qu'on considère 30 miles de câble standard comme la distance commerciale de téléphonie. Les experts parlent de 40 et même de 50 miles de câble, mais 30 miles de câble est une condition ordinaire pour la téléphonie commerciale. On sait que, si on a une section équivalente à 20 miles d'une espèce aérienne, et 10 miles d'un câble, on aurait ordinairement 30 miles de câble plus une certaine valeur pour la jonction. C'est là l'effet de ces réflexions pour lesquelles il faut admettre un certain nombre de miles de câble en plus des valeurs équivalentes de ligne de chaque section.

Nous n'avons parlé que d'une certaine fréquence, de la fréquence qui doit être de mille périodes par seconde, mais la télé-

phonie comporte l'ensemble d'un grand nombre de fréquences simultanées.

La fréquence la plus basse que l'on rencontre est peut-être d'environ 100 périodes par seconde ; c'est ce qu'on entend dans les voix de basse. La voix humaine peut atteindre jusqu'à environ 20.000 périodes par seconde, ce qui forme le registre des voix élevées, et certains auteurs prétendent même que la voix humaine peut atteindre 50.000 périodes par seconde, mais les ingénieurs admettent qu'il est seulement nécessaire de transmettre les fréquences allant jusqu'à 2.000 ou 2.500 périodes pour obtenir un bon résultat en téléphonie pratique. Ces hautes

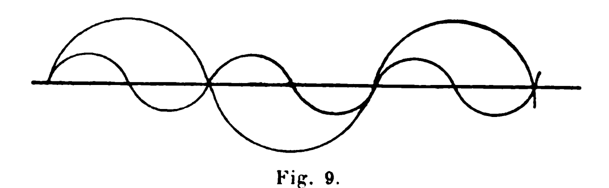


Fig. 9.

fréquences ne sont pas nécessaires pour la téléphonie pratique, ce qui est d'ailleurs une chose très heureuse.

Il faut donc considérer que la téléphonie se développe sur un spectre de fréquence de 100 périodes à 2.000 périodes par seconde. Il faut tenir également compte de tout l'ensemble de ces fréquences, parce que les conditions de transmission ne sont pas les mêmes pour chacune d'elles.

Il n'est d'ailleurs pas absolument nécessaire que la relation entre courants de différentes fréquences, émis par l'appareil, transmetteur soit rigoureusement conservée, et parvienne sans modifications à l'appareil récepteur. Précisons notre pensée : supposons qu'à la transmission, vous avez fait deux fréquences comme ceci (fig. 9) : une certaine note correspondant à une certaine fréquence, et l'octave de cette note. Vous avez deux périodes de la petite pour une période de la grande.

Vous voyez qu'au début les deux courbes commencent au même point, c'est-à-dire qu'il y a accord de phases des deux fréquences. Si cette condition existe à l'origine de la ligne, peut-

être qu'en fait ces ondes arrivent de la même manière à l'appareil récepteur. Mais, en général, nous aurons dans le récepteur une répartition des courants un peu différente, comme par exemple celle que donne la figure 10. L'accord des phases est tout à fait perdu. Heureusement l'oreille ne tient aucun compte de ces changements de phase. Si vous faites exécuter simultanément ces deux notes avec un rapport donné des intensités, la question de leurs phases n'est pas sensible à l'auditoire ; et c'est une chose très importante que l'on admet généralement.

S'il fallait reconstruire à la réception les mêmes conditions de phases que vous avez au début, la téléphonie serait beaucoup

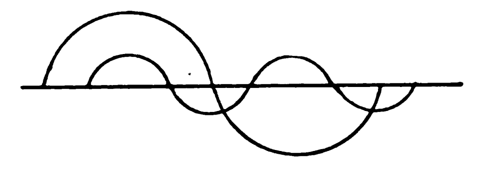


Fig. 10.

plus compliquée qu'elle ne l'est ; mais il est seulement nécessaire que l'appareil récepteur reçoive les deux ondes. Quant à la question de savoir si elles commencent ensemble, cela n'a aucune importance.

Si c'est une chose très précieuse pour la téléphonie que l'appareil récepteur reçoive les mêmes fréquences que le transmetteur, il n'est pourtant pas nécessaire que le rapport de leurs intensités soit exactement conservé. Si par exemple vous avez deux notes de piano et que l'intensité de la plus grave soit trois fois l'intensité de l'octave, ou de la petite onde, il n'est pas nécessaire que le rapport soit exactement le même à la réception, il sera peut-être le 1/4, peut-être le 1/5. L'appareil récepteur téléphonique peut fonctionner sans que les rapports des intensités des différentes fréquences reçues soient exactement les mêmes que les intensités émises par la voix. S'il était absolument nécessaire d'avoir les mêmes rapports d'intensité des notes basses et hautes, ce serait une difficulté beaucoup plus grande pour la téléphonie. Heureusement nous pouvons téléphoner et com-

prendre ce qu'on nous dit sans avoir une très grande précision dans le conditionnement électrique de la ligne. Cependant, il faut une certaine précision, il ne faut pas perdre absolument les harmoniques ou notes élevées, car si vous laissez uniquement les notes basses et supprimez toutes les notes élevées, vous ne pourrez pas comprendre votre interlocuteur et il vous sera impossible de téléphoner. Vous entendrez des sons dans le téléphone, mais vous ne pourrez pas comprendre les paroles. Ce phénomène s'appelle « la distorsion électrique ».

La distorsion électrique sur une ligne téléphonique est ce qui se produit quand les différentes fréquences sont traitées différemment dans le circuit, de telle sorte que les ondes de basses fréquences arrivent bien mieux que les ondes de fréquences élevées. Alors, le timbre de la voix est tout à fait changé et on ne peut comprendre ce que dit l'interlocuteur.

La distorsion existe toujours, mais c'est seulement quand elle dépasse une certaine quantité que les ingénieurs peuvent déclarer que la téléphonie industrielle ne peut pas se continuer. Cela dépend beaucoup de l'expérience des personnes qui parlent entre elles.

Dans cette conférence, j'ai essayé de vous présenter quelques idées fondamentales sur ce qui se passait sur un circuit téléphonique. Cela est d'ailleurs très compliqué, très intéressant, et nos yeux ne nous le font pas comprendre. La chose la plus remarquable est la vitesse de cette propagation, principalement dans la T. S. F. où nous avons toujours cette vitesse de la lumière dans l'air, c'est-à-dire 300.000 km. par seconde à peu près. Nous comprenons alors que si l'on ferme l'interrupteur de la tour Eiffel instantanément dans toutes les directions, une onde invisible se propage avec cette rapidité. La vitesse apparente n'atteint pas tout à fait 300.000 km. par seconde ; mais en supposant qu'elle atteigne environ 200.000 km. par seconde, c'est déjà un beau chiffre, c'est énorme... On peut comprendre que dans ces conditions on puisse percevoir les signaux produits par une antenne au bout du monde, aux antipodes... Il en est bien ainsi :, sinon journellement, du moins très souvent, on peut recevoir les signaux d'un poste émetteur à l'autre extrémité du monde.

Il est admis, d'après toutes ces considérations et nos meilleurs calculs, que si la vitesse électrique était exactement celle de la lumière, cette onde invisible se propagerait de la tour Eiffel aux antipodes dans 1/15 de seconde à peu de chose près, peut-être est-ce dans un dixième de seconde, en raison de cette diminution de vitesse apparente. Si bien que grâce à l'électricité les hommes vivant aux deux extrémités du monde ne sont entre eux qu'à une distance de 1/10 de seconde.

Qu'est-ce que 1/10 de seconde pour un son, une transmission acoustique? Nous savons tous que la vitesse du son dans l'air est à peu près de 330 mètres par seconde; donc nous pouvons calculer qu'en 1/10 de seconde la voix peut arriver à une distance d'1/10 de 330 mètres, c'est-à-dire à 33 mètres, et que la personne la plus éloignée de notre monde est à une distance de transmission électrique de 33 mètres acoustiques, bien que de l'autre côté de la terre. Vous pouvez donc vous rendre compte que dans notre métier la science a considérablement réduit les distances. Nous sommes tous dans le même bateau, et ce bateau est bien petit; nous sommes, par conséquent, responsables les uns vis-à-vis des autres, et il est de notre devoir de nous comporter dans ce monde que nous avons créé, comme si nous étions à une distance les uns des autres qui n'excède pas 1/10 de seconde, comme si nous étions tous voisins. Dans notre petit bateau, de 1/10 de seconde, il n'y a que des voisins, bons ou mauvais : ils sont tous coude à coude électriquement, et il faut que les bons voisins s'entendent.

RÉCENTES AMÉLIORATIONS

DANS L'EXPLOITATION DU CABLE

BREST—SAINT-PIERRE-MIQUELON

Par M. WILDENSTEIN,
Ingénieur en chef de la Compagnie Française des Câbles Télégraphiques.

On sait quels troubles sérieux sont causés sur les longues lignes sous-marines par la présence dans le circuit de conducteurs souterrains reliant les atterrissages aux stations d'exploitation.

Les très faibles courants de réception y sont fréquemment mutilés par les parasites (dérivation ou induction) dus au voisinage des lignes de tramways ou de transport de force. De là, limitation de la vitesse de transmission sur les câbles et grosses pertes de temps pour la rectification et la répartition des signaux déformés.

Depuis longtemps déjà la Compagnie se souciait de remédier à ces graves difficultés, d'autant plus que la distance entre sa station de Brest d'une part, et Deolen, point d'atterrissage de ses lignes transatlantiques d'autre part, est considérable (16 kilomètres environ).

Un moyen radical de réaliser l'amélioration souhaitable consistait à transférer la station elle-même à la côte ; mais la solution était très dispendieuse, puisqu'elle nécessitait, outre la construction d'une station, celle de maisons d'habitation pour un nombreux personnel célibataire ou marié avec les annexes indispensables à la vie d'un véritable village (magasin d'approvisionnement, école, installation de lumière et d'eau (service médical, etc...).

La mise en service en 1912 d'un amplificateur sur les câbles

de la Compagnie, tout en augmentant partiellement le rendement des câbles transatlantiques de 20 à 25 %, limitait d'autre part le bénéfice de son emploi par la mise en œuvre de courants plus petits encore (quelques dixièmes de microampère) que ceux primitivement reçus. La nécessité d'échapper à l'influence fâcheuse des souterrains s'en trouvait encore accrue.

Heureusement, l'amplificateur amenait avec lui un remède bien moins coûteux que l'installation totale à la côte, d'abord envisagée.

L'appareil adopté sur les câbles de la Compagnie dès 1912 est celui de M. E. S. Heurtley. Il a été souvent décrit depuis. Nous rappelons qu'il consiste essentiellement en un recorder ordinaire à siphon relié mécaniquement à un pont de Wheatstone, dont les quatre branches sont constituées par deux résistances ordinaires et par deux fils mobiles très fins en platine. Ces derniers sont chauffés par une batterie de pile placée dans une des diagonales du pont donnant un courant d'environ 60 milliampères dans les fils de manière à les porter à une température assez élevée. Les oscillations de la bobine du recorder sous l'effet du courant de réception sont transmises mécaniquement aux fils chauds mobiles.

Ceux-ci, dans le type récent de l'inventeur, se déplacent non plus dans un courant d'air froid, comme primitivement, mais devant deux fils identiques aux premiers, également chauffés et fixes.

On conçoit aisément que, si les quatre branches du pont sont équilibrées à l'état de repos de l'appareil, les oscillations dues au courant de réception sur le câble causent un déséquilibre qui se traduit dans la deuxième diagonale de ce pont par un courant local correspondant à celui de réception, et dont l'amplification est fonction de la température des fils chauds. Si donc on insère un second recorder dans cette deuxième diagonale, celui-ci enregistrera les signaux de réception agrandis.

Le schéma du « Heurtley » dernier modèle est indiqué dans les deux figures ci-contre 1 et 2. Les fils chauds fixes sont A et C, les fils chauds mobiles B et D, et les résistances ordinaires B' et D'.

Comme on le voit, l'appareil est non seulement un amplificateur de signaux, mais aussi un relais sans le fâcheux contact des appareils ayant pour objet de former un circuit local.

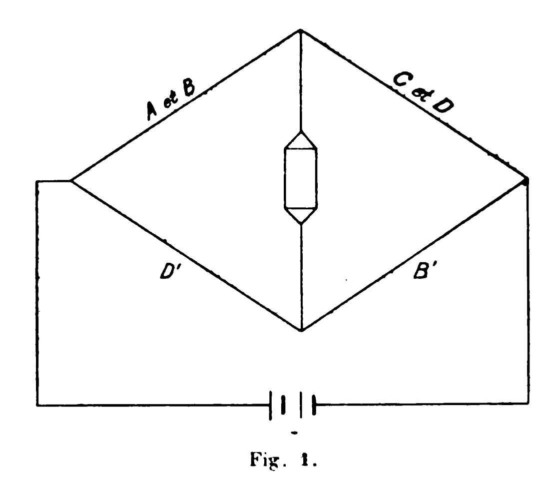


Fig. 1.

Cette considération nous ramène à la question posée au début de cette note, et en suggère tout de suite une solution intéressante.

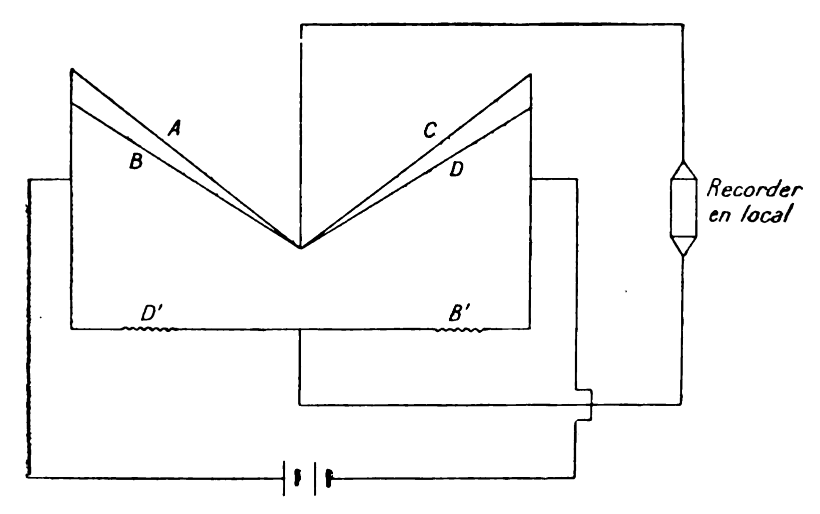


Fig. 2. — D' et B' résistances invariables.

Si nous installons le « Heurtley » à l'atterrissage des câbles de Déolen, et si nous insérons dans le circuit local les deux

lignes souterraines reliées au recorder de réception placé lui-même à Brest,

1° — les signaux d'arrivée sur le câble ne sont plus influencés par les courants parasites affectant ces souterrains ;

2° — l'intensité des courants amplifiés parcourant ces conducteurs auxiliaires devient d'un ordre beaucoup plus grand que celui des parasites ;

3° — ces derniers sont réduits au minimum puisqu'ils agissent sur un circuit complètement fermé sans retour par la terre.

Cette solution, beaucoup moins coûteuse que le transfert à l'atterrissage, envisagée dès 1913, n'a pu, du fait de la guerre, être réalisée qu'en 1921. Elle a prévalu d'autant plus sur la première idée que le prix des terrains et des constructions, déjà considérable dans le projet primitif, s'est fortement accrû depuis la fin des hostilités.

Quoi qu'il en soit, il a fallu pourvoir, même ainsi, à d'assez importants besoins matériels pour la mise en œuvre de ce projet.

La maison du câble de Déolen est située sur la côte à 1500 mètres au sud de la route de Brest au Conquet et aucun chemin pratiquable ne permettait de l'atteindre. Un tronçon de route carrossable a été construit pour y conduire. La maison a été aménagée au rez-de-chaussée en station de relais ; les chambres du premier étage ont été installées pour le personnel de service ; le sous-sol a été disposé pour recevoir les lignes artificielles dont nous parlerons plus loin. Une petite usine électrique a été édifiée à côté de la maison principale pour fournir le courant nécessaire au relayage des signaux (transmission et réception), au chauffage des fils Heurtley, au fonctionnement des moteurs et vibrateurs des appareils locaux, etc... et aussi à l'éclairage des bureaux et habitations.

L'énergie est fournie par un groupe électrogène de 10 kilowatts à moteur à essence prévu en double exemplaire pour éviter toute interruption de service.

225 éléments d'accumulateurs de 36 ampère-heure sont employés pour les besoins de la station télégraphique proprement dite. Une batterie de 60 éléments de 90 ampère-heure est réservée pour l'éclairage de nuit.



Un garage contient deux autobus assurant la relève du personnel de service détaché à Déolen et la liaison avec la ville pour les besoins de ce personnel.

Une maison d'habitation pour un chef de poste permanent et une autre pour deux sous-agents assurant le service des autos, de la charge des accumulateurs, de l'éclairage, etc... ont été prévues.

Les deux câbles transatlantiques de la Compagnie Brest—St-Pierre (constante de temps 6,7), et Brest—Cap Cod (constante de temps 8), sont maintenant travaillés à leur atterrissage. La transmission automatique se fait de Brest et est reproduite sur les câbles par relais installés à Déolen.

Pour le travail en simplex, la commutation de transmission à réception, ou inversement, est commandée de Brest au moyen d'une paire de souterrains auxiliaires.

Les signaux transmis et reçus à Déolen sont contrôlés par des ondulateurs ou recorders insérés sur les circuits à surveiller. Le service y est assuré par un chef de poste résident et un agent technique mobile. Naturellement, la station urbaine et celle de la côte sont en relation par ligne aérienne spéciale et par téléphone.

Revenant aux avantages du mode de travail actuel, nous avons vu qu'il met les câbles à l'abri des ennuis dus aux souterrains ; mais il existe d'autres perturbations sur les lignes sous-marines : mélange par les terres trop voisines lorsqu'elles sont prises directement sur les armatures des câbles à l'atterrissage, courants telluriques d'origines diverses.

Pour remédier dans la mesure du possible à cette seconde sorte de troubles, les atterrissages primitifs sur dix milles marins de long ont été remplacés par des câbles à deux conducteurs torsadés sous la même armature avec prise de terre établie au large par l'un des deux conducteurs, l'autre constituant l'extrémité ligne. Cette mesure a encore accrû la sécurité de la réception.

Toutes les dispositions ci-dessus une fois réalisées, le duplexage des câbles pouvait être entrepris avec succès.

On s'est borné en premier lieu à l'équipement du câble Brest—St-Pierre (et nécessairement aussi de son annexe St-Pierre—Cap Cod).

Nous ne parlerons que du câble principal.

Ce dernier avait nécessité une longue campagne pour l'élimination de plusieurs fautes de haute résistance difficilement localisables. Lorsque le câble fut en bon état électrique, les lignes artificielles et accessoires étaient à pied d'œuvre.

La spécification de la ligne artificielle a été calquée sur la feuille de route même du câble qui indique les types successifs le composant, leurs résistances et capacités élémentaires.

Au total, le câble de Brest—St-Pierre, dont l'âme originale

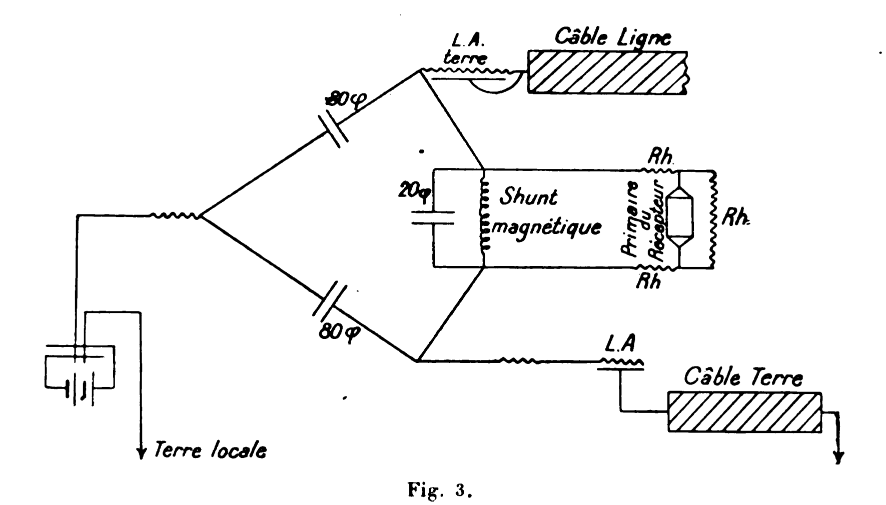


Fig. 3.

est composée de 159 kilos de cuivre et de 136 kilos de gutta par mille, a une longueur de 2.386 milles nautiques, une résistance de 7.464 ohms internationaux à la température de la mer, et une capacité de 902 microfarads.

Les boîtes constituant la ligne artificielle ont un coefficient de température négligeable à la fois pour la résistance et la capacité. C'est un des principaux perfectionnements ayant facilité l'obtention de l'équilibre. Les premières boîtes en tête de ligne où se passent les phénomènes essentiels représentent chacune 10 sections égales. Les suivantes sont de 21 microfarads en 7 sections seulement.

Le dispositif de montage adopté est celui du pont de Wheat-

stone ; il est représenté schématiquement sur la figure 3 ci-contre.

La tête du pont ou « apex » est de 1/10 d'ohm divisé en centièmes. Les condensateurs du bloc formant les deux bras du pont sont constitués chacun par des capacités de 80 microfarads, avec réglage au centième.

Une résistance placée en tête de la ligne artificielle donne le centième d'ohm. Cette ligne artificielle elle-même comprend 33 boîtes de type récent, soit les 7/9 environ de la longueur du câble ; elles sont complétées par d'anciennes boîtes inductives représentant 160 microfarads et une capacité non inductive de 80 microfarads. Les 16 premières boîtes sont placées dans la salle des relais pour la facilité des réglages ; les autres se trouvent au sous-sol dans un caveau calorifuge.

Les moyens un peu empiriques de réglage employés consistent en diverses dérivations établies sur la ligne artificielle entre le côté armature de cette ligne et la terre, en une perte artificielle d'environ 100.000 ohms en tête du câble et compensée symétriquement sur la ligne artificielle par une haute résistance réglable.

Toutes les terres sont prises sur le conducteur de 10 milles placé dans les nouveaux atterrissages, sauf celle de la batterie de transmission qui est locale. Cette disposition a le double avantage de compenser les variations simultanées des deux âmes jumelles et de laisser hors du circuit à équilibrer la batterie, l'appareil de transmission et le fil de terre dont les isolements plus ou moins parfaits n'ont plus d'influence sur la balance.

Enfin, en tête du câble se trouve une résistance inductive équivalant au conducteur terre de l'atterrissage et devant compenser son impédance sur la ligne artificielle.

La diagonale du pont comprend la bobine réceptrice primaire de l'amplificateur munie d'un shunt magnétique et d'un condensateur en parallèle. Cette bobine comporte deux enroulements, le premier servant de récepteur proprement dit, le deuxième étant destiné à être parcourir éventuellement par un courant de correction pour remédier à des déplacements durables du zéro.

Les signaux enregistrés à Déolen sont retransmis à Brest sur

le circuit équilibré de deux conducteurs souterrains constituant une paire de fils torsadés.

Le schéma de cette installation est représenté sur la figure 4.

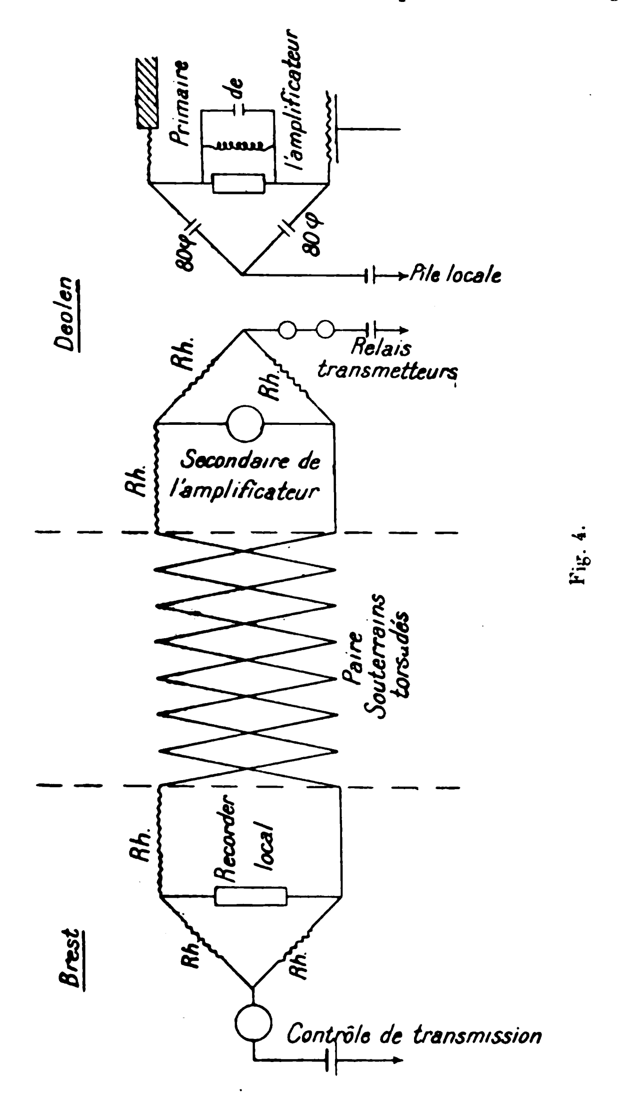


Fig. 4.

Résultats. — Dans les conditions actuelles d'exploitation précédemment décrites, les troubles locaux et les influences d'un câble sur l'autre ont disparu. Les perturbations venant de la

zone maritime sont assez rares et n'ont pas donné lieu jusqu'à présent à de sérieux inconvénients. Les courants telluriques d'intensité anormale ont pu être aisément compensés par le dispositif de redressement du zéro.

Avant l'installation de la station « Relais » à Déolen, le rendement du câble de Brest—St-Pierre était, dans les meilleures conditions, de 500 signaux à la minute pour les télégrammes en code et de 540 pour les messages en clair. Ce câble est travaillé maintenant à 480 signaux duplex de façon permanente et sûre, code et clair. (Cette vitesse pourrait être portée à 500 et 520 pour le clair.) C'est donc un accroissement de rendement pratique de 90 %.

La balance est très aisément maintenue, même par un personnel dont l'entraînement n'est pas encore parfait.

Quant au câble Brest—Cap-Cod travaillé en simplex, son rendement a été augmenté dans une très importante proportion par les dispositions nouvelles ; mais la valeur de cet accroissement dans l'état actuel du câble sera notablement plus marquée encore lorsque, prochainement, la faute dont ce conducteur est affecté en grands fonds sera enlevée.

Les résultats acquis par le duplexage du Brest—St-Pierre ne peuvent qu'encourager à adopter le même mode de travail sur le Brest—Cap-Cod.

MOYENS
D'AUGMENTER LE RENDEMENT FINANCIER
DES GRANDES LIGNES TÉLÉPHONIQUES

Par M. G. C. MARTIN,
Sous-chef de bureau à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes.

Les tarifs interurbains actuellement en vigueur en France sont très inférieurs au prix de revient des communications. Ceci ressort nettement d'études auxquelles l'Administration vient de se livrer. Par voie de conséquence, on est amené naturellement à envisager le relèvement des taxes interurbaines et une disposition en ce sens a été insérée dans l'un des projets de loi récemment déposés par le Gouvernement à la Chambre des Députés.

Mais un accroissement des prix de vente n'est pas le seul moyen de rétablir l'équilibre qui s'impose entre ceux-ci et les prix de revient. On pourrait soutenir qu'une mesure de ce genre ne doit être mise en application qu'à défaut d'une autre solution à étudier en premier lieu : l'abaissement du prix de revient.

En effet, le rôle d'une administration téléphonique — comme de toute entreprise commerciale — consiste à offrir ses services à la clientèle aux conditions les plus avantageuses, c'est-à-dire au prix le plus bas qu'il soit possible de concilier à la fois avec une très bonne exploitation et un léger bénéfice. Il ne suffit donc pas d'organiser le réseau, le service et le travail d'une façon plus ou moins rationnelle et de calculer ensuite le prix de revient des communications d'après ces données, pour être en droit finalement d'en déduire les tarifs. Cette procédure commode équivaut à peu près à prendre le problème à rebours en le supposant résolu. Lorsqu'il existe un déséquilibre entre le prix de revient et le prix de vente, il faut d'abord s'efforcer d'abaisser le premier au niveau

du second, et c'est seulement en cas d'impossibilité bien démontrée d'y parvenir qu'on peut légitimement recourir à un relèvement du second, dans la mesure strictement nécessaire et suffisante pour combler la différence. On assure ainsi au public le bénéfice de taxes aussi modérées que possible tout en garantissant une rémunération équitable du service rendu.

* * *

Les prix de revient des communications interurbaines sont fonctions de deux principaux éléments : d'une part le produit des lignes interurbaines (rendement effectif des circuits), d'autre part les dépenses d'exploitation, lesquelles se subdivisent elles-mêmes en un grand nombre d'éléments variés (amortissement et entretien des lignes et des diverses installations desservant les lignes, salaires du personnel participant à l'inscription des demandes, à l'établissement des communications, influence des procédés d'exploitation sur les dépenses en personnel, salaires du personnel de direction, de contrôle et de surveillance, dans la mesure correspondante à l'exploitation des lignes interurbaines, part de frais généraux, coût des manœuvres urbaines nécessitées par l'établissement des communications interurbaines). — Pour abaisser le prix de revient il faut donc nécessairement, soit diminuer les dépenses d'exploitation des circuits interurbains, soit augmenter — toutes choses égales d'ailleurs — leur rendement.

Certains frais d'exploitation ne paraissent pas se prêter présentement à des réductions : telles sont les dépenses de personnel et les frais généraux. Il est probable toutefois que les premières pourraient être sensiblement abaissées par l'adoption de plusieurs méthodes d'exploitation en usage aux États-Unis. Mais celles-ci ne sont vraiment praticables qu'à la condition de disposer d'une abondance de circuits que nous sommes malheureusement très loin de posséder en France. Cette situation nous condamne à garder provisoirement nos procédés d'exploitation actuels en dépit des inconvénients qu'ils comportent, notamment au point de vue de la complexité du rôle des opératrices.

Par contre, il serait possible de réduire considérablement les dépenses d'entretien et d'amortissement des lignes interurbaines. Ce résultat néanmoins ne pourrait être atteint qu'à la condition d'abandonner presque tous les errements en vigueur jusqu'à présent. Un tel sujet comporterait des développements qui ne peuvent trouver place dans le cadre de ce bref exposé. Signalons simplement un point.

Pour toutes les distances supérieurs à 100 kilomètres l'emploi de câbles aériens ou souterrains à 50 ou 100 paires de conducteurs présente des avantages très marqués, quant aux frais d'entretien et d'amortissement, même en tenant compte de la nécessité de pupiniser les lignes et d'intercaler un relais amplificateur sur chaque circuit tous les 100 kilomètres.

Amortissement annuel d'une ligne bifilaire de 100 km. (au cours actuel des matières).

En fils de cuivre de 3 m/m	16.914 frs.
— 4 m/M	24.999 —
— 5 m/m	34.012 —
En circuit sous câble souterrain à 100 paires de conducteurs pupinisés (y compris l'amortissement d'un relais amplificateur)	16.681 —
Entretien (dépense annuelle par 100 kilomètres)	
Ligne aérienne bifilaire	5.436 —
Ligne sous câble souterrain à 100 paires de conducteurs, y compris l'entretien d'un relais amplificateur	1.863 —
Câble souterrain à 50 paires etc	1.623 —

Ces chiffres démontrent combien les lignes sous câble sont plus économiques que les lignes aériennes et quel intérêt il y aurait par conséquent à construire à l'avenir les principales artères en câbles aériens ou souterrains.

Au point de vue du prix de revient des communications les réductions obtenues seraient par répercussion les suivantes :

PRIX DE REVIENT D'UNE COMMUNICATION INTERURBAINE ÉTABLIE.

Distances	Sur un circuit aérien en fils de cuivre de			Sur un câble à 100 paires de conducteurs pupinisés. Avec un relais amplificateur tous les 100 km
	3 mm. avec un relais amplificateur tous les 400 km	4 mm. sans relais	5 mm. sans relais	
100 km	2 f. 17	—	—	1 f. 96
200 km	3.33	—	—	2.64
300 km	4.51	—	—	3.33
400 km	5.68	—	—	4.02
500 km	7.12	8.84	—	4.70
600 km	8.29	10.41	—	5.39
700 km	9.47	11.98	—	6.08
800 km	10.64	13.54	17.53	6.76
900 km	11.81	15.11	19.60	7.45

Mais la transformation complète des artères principales en lignes sous câbles est une entreprise de grande envergure qui exigera de longues années. Ce moyen de réduire les prix de revient des communications interurbaines n'apparaît donc que comme un remède sans efficacité immédiate.

Il reste à rechercher par quels procédés le rendement des circuits pourrait être augmenté.

*
* *

Les prix de revient indiqués ci-dessus ont été calculés sur la base d'un trafic *moyen* de 70 unités de conversation par jour et par circuit, ce qui correspond approximativement à 10 unités de conversation durant l'heure la plus chargée — rendement qui peut paraître faible. Il est évident que plus le rendement s'élève, plus le prix de revient s'abaisse. Mais quelle est la capacité maximum de rendement d'un circuit ?

Un fonctionnaire de l'Administration allemande, M. F. Lange, a publié récemment une étude très documentée sur cette question (1). Elle nous apprend que d'après des observations pro-

(1) « Comment tirer parti des grands circuits téléphoniques » T. L. F. Technik août 1921.

longées faites à la table interurbaine de contrôle à Francfort-sur-Mein, un circuit pourrait débiter par jour et dans de bonnes conditions, 188 communications, s'il est exploité à chaque extrémité sur une position desservant seulement un autre circuit et 212 communications si chacune de ses positions terminales le dessert seul. Dans l'un et l'autre cas la dépense en personnel est plus élevée que pour un circuit desservi conjointement avec deux autres ainsi qu'on l'a supposé dans les calculs de prix de revient relatés plus haut ; mais ces frais supplémentaires sont très loin d'être en proportion du supplément de produits obtenu et le bénéfice, à cet égard, est d'autant plus grand que la taxe unitaire des communications est plus élevée. Dans l'hypothèse d'une opératrice pour un seul circuit, l'augmentation de rendement du circuit atteindrait 42.600 communications pour les 300 jours ouvrables d'une année alors qu'en France, le supplément de dépense en personnel ne dépasserait guère 21.000 francs.

On doit observer, toutefois, qu'en France, tout au moins, il n'existe pas de circuits, ou de groupes de circuits, dont le trafic se maintienne uniformément au même degré d'intensité durant les 14 heures du service de jour. Le rendement annuel de 42.600 communications, lequel implique un rendement horaire moyen de 15 unités de communication, apparaît ainsi comme purement théorique. Mais supposons un circuit *à grand trafic* exploité seul à chaque extrémité, par une opératrice, durant les 7 heures les plus actives et renvoyé, durant les 7 autres heures, sur une position desservant 3 autres circuits. D'après les chiffres constatés par l'Administration française, le rendement horaire d'un circuit à grand trafic, spécialisé et desservi seul par une opératrice, peut être maintenu, d'une façon à près constante, à 17 unités de communication. Le trafic journalier du circuit exploité dans les conditions sus-indiquées sera donc de :

7 heures à 17 unités de communication	=	119
7 heures à 10 unités de — (au minimum)		70
Total		189 unités.

Soit 189 — 70 = 119 unités de plus qu'avec l'exploitation à raison de 3 circuits par position durant toute la journée, ce qui représente 35.700 unités par an. Le supplément de dépense en personnel (18,7 opératrices-heures par jour au lieu de 9,4) équivaudrait à 8.000 frs environ. Pour un circuit de 25 km. de longueur écoulant exclusivement des communications à taxe unitaire de 0,50 l'augmentation nette de recettes serait donc de 9.850 frs par an. Ce chiffre atteindrait 313.300 frs pour un circuit de 900 km. de longueur (taxe unitaire de 9 f). Par conséquent, dans tous les cas, l'exploitation basée sur une opératrice en moyenne par circuit à grand trafic durant les heures chargées, devrait nécessairement se traduire par un accroissement très sensible des produits.

∴

Cette conclusion serait indiscutable si les circuits se maintenaient en parfait état de fonctionnement pendant toute l'année. Chacun sait qu'il est loin d'en être ainsi. Tout au moins en ce qui concerne les lignes aériennes, — et nous abordons ici l'une des causes les plus importantes qui influent sur les prix de revient : la fréquence et la durée excessives des dérangements.

M. F. Lange indique dans son étude que les circuits Francfort-sur-Mein-Berlin sont totalement impraticables chacun, en moyenne, 7 minutes 2 par heure, ce qui correspond à 1 h. 40 minutes par jour et 8 h. 40 par semaine de 6 jours ouvrables ; d'autre part, les pertes de temps éprouvées par le service du fait de dérangements ayant simplement pour effet de nuire à l'audition sont évaluées à 13′ par heure, soit 3 h. 2 par jour et 19 h. 2 par semaine de 6 jours ouvrables.

On n'a jamais procédé jusqu'ici en France à des recherches en vue de déterminer le temps perdu sur chaque circuit par suite d'une altération passagère de l'audition provoquée par des demi-dérangements. A défaut de toute donnée particulière il semble qu'on peut considérer comme valable le chiffre fourni par M. F. Lange 19 h. 2 par semaine).

La durée moyenne (8 h. 40 par semaine) des interruptions

totales de chacun des circuits Francfort-sur-Mein-Berlin (environ 600 km.) paraît correspondre à peu près aux observations faites en France sur des lignes interurbaines d'une longueur équivalente, bien qu'à vrai dire, ce temps soit fréquemment dépassé. Or une inutilisation de 8 h. 40 par semaine, à raison de 10 communications par heure, représente une perte d'au moins 86 unités de communication. Si l'on y ajoute les 19 h. 2 perdues pour difficultés d'audition, on arrive à 86 + 190 = 276 unités par semaine, c'est-à-dire 14.352 unités par an. Au point de vue financier le dommage est d'autant plus élevé que le circuit est plus long et écoule des communications à taxes plus élevées.

D'autre part, les risques de dérangement sont — toutes choses égales d'ailleurs — directement proportionnels à la longueur du circuit. En sorte que si la perte moyenne de trafic sur un circuit de 600 km. est de 14.300 unités par an représentant 85.800 frs. on peut admettre que pour un circuit de 900 km. elle s'élèvera à environ 29.000 unités représentant 261.000 frs.

Des considérations qui précèdent, on peut déduire :

1° qu'il est nécessaire, pour tous les circuits interurbains, de s'efforcer de réduire dans la mesure maximum le nombre et la durée des dérangements.

2° que les dispositions à prendre à cet effet présentent un intérêt d'autant plus considérable que les lignes sont plus longues.

Il reste à examiner les moyens d'atteindre ce but.

*
* *

Le degré de vulnérabilité d'une ligne dépend, en grande partie, outre sa longueur, de son type et de la nature des régions ou des terrains qu'elle parcourt. Au point de vue du type, la ligne la moins sujette aux influences atmosphériques est la ligne sous câble, et en particulier la ligne sous câble souterrain laquelle se trouve à peu près soustraite à toute action mécanique extérieure. Cet avantage capital des lignes sous câble vient s'ajouter à celui qu'elles présentent au point de vue des frais d'amortissement — ainsi que nous l'avons déjà vu plus haut — et les place, sans

contestation possible, au premier rang des lignes interurbaines.

La résistance des lignes aériennes aux perturbations atmosphériques varie assez sensiblement suivant les genres de construction et les modèles d'armement adoptés. Il ne semble pas que sous ce rapport on ait procédé en France à toutes les études qui eussent été désidérables pour déterminer, après des expériences méthodiques et par comparaison avec les procédés usités à l'étranger, le meilleur système à adopter (nature, dimensions, formes des matériaux, disposition des nappes de fil, espacement des appuis, etc.).

Le tracé d'une ligne aérienne ordinaire présente également la plus grande importance. Il importe d'éviter, dans toute la mesure du possible — même au prix d'un allongement de parcours — les régions où le régime atmosphérique est défavorable (massifs montagneux, zônes côtières) les obstacles qui s'opposent à la construction aérienne, (tunnels, grandes agglomérations) le parallélisme des lignes électriques à haute tension (troubles d'induction). La première de ces considérations est également valable — quoique dans une mesure un peu moindre — pour les lignes sous câble aérien.

En ce qui concerne les câbles souterrains, il y a surtout intérêt à éloigner la ligne des terrains humides et à lui épargner — autant que faire se peut — tout croisement avec des lignes souterraines à haute tension ou avec des voies de tramways ou de chemins de fer électriques (électrolyse).

Assurément ces observations n'ont rien de nouveau. Il peut même paraître superflu de les rappeler. Cependant elles sont méconnues avec une obstination si générale — à tous les échelons de l'organisation administrative — qu'on ne saurait trop insister sur leur importance capitale quant au rendement utile des lignes.

En particulier, le moment approche où l'Administration, du fait de l'électrification d'une fraction importante du réseau ferré, devra renoncer, coûte que coûte, à conserver ses lignes le long des voies ferrées pour les transporter le long des routes. La construction sur route présente d'ailleurs de tels avantages sous le rapport des facilités de transport du matériel et du personnel

par automobile, et de l'emploi d'un outillage de travail perfectionné qu'elle devrait nécessairement être adoptée, de toute façon, tôt ou tard. Elle est subordonnée à deux conditions : l'organisation d'un service automobile — il en sera parlé plus loin — et la mise en vigueur par le service des Ponts et Chaussées de certaines restrictions en ce qui concerne les plantations d'arbres sur les accotements. Ce sont là des questions qui devraient être mises à l'étude et réglées aussitôt que possible.

*
* *

Avoir de bonnes lignes, bien construites et suivant des tracés bien choisis, constituera un progrès marqué. Mais, par ailleurs, l'entretien et la réparation des lignes existantes doit être l'objet dès à présent des plus grands soins. Il y a beaucoup à faire sous ce rapport.

On peut avancer sans aucune exagération que, depuis 1914, les travaux d'entretien ont été à peu près nuls. Durant les hostilités, la mobilisation d'une grande partie du personnel ouvrier et la pénurie des matériaux les rendirent impossibles. Depuis l'armistice, les travaux à opérer dans les régions libérées et l'insuffisance des crédits alloués par les dernières lois de finances n'ont pas permis de les reprendre. Il en résulte que l'ensemble du réseau interurbain est tombé dans un état de dégradation tel que, pendant les périodes de grande pluie, le trafic de certaines lignes est compromis, et que les dégâts provoqués par chaque coup de vent prennent des proportions de plus en plus désastreuses. Il est urgent de remédier à un état de choses qui en est arrivé au point de compromettre, sur certaines lignes, la sécurité des trains.

D'ailleurs, même avant la guerre, le service de l'entretien laissait beaucoup à désirer, faute d'un personnel qui y fût spécialement affecté. On faisait de l'entretien quand on pouvait. Il est vrai que théoriquement le personnel commissionné devait s'y consacrer plus particulièrement. Mais chacun sait, qu'en fait, il n'en était rien et que les ouvriers commissionnés comme les autres passaient le plus clair de leur temps à exécuter des travaux

neufs. Le bon entretien des lignes est cependant la condition essentielle de leur bon fonctionnement. Il ne peut être assuré que s'il est confié à des équipes spéciales dont il suffirait du reste à absorber toute l'activité. Un service technique bien organisé devrait comprendre deux branches nettement distinctes, du sommet à la base, un service des travaux nœufs, et un service de l'entretien.

*
* *

Des lignes, si bien entretenues qu'elles soient, demeurent sujettes — surtout les lignes aériennes en fils nus — à des dérangements accidentels. Tout doit être organisé de manière à réduire leur durée au strict minimum. Ceci implique quatre conditions : une localisation rapide du point défectueux, la mise en route immédiate du personnel de réparation, son transport sans déla sur le lieu du dérangement, la prompte exécution des travaux nécessaires pour rétablir la ligne.

Les dérangements ne peuvent être localisés d'une façon sûre et rapide que par un service de mesures bien outillé en matériel et en personnel. Tel n'est pas le cas actuellement. Un très grand nombre de bureaux n'ont aucun service de mesures. Seuls en sont dotés les points de coupure importants. Encore les agents qui y sont affectés ne possèdent-ils pas toujours, faute d'une instruction technique convenable (qui ne leur a jamais été donnée), la compétence et le savoir nécessaires pour s'acquitter de leur rôle comme il conviendrait. Leur effectif numérique est, par ailleurs, tout à fait insuffisant. Ils doivent se borner le plus souvent à intervenir seulement en cas de dérangement effectif. A vrai dire le service des mesures n'existe qu'à l'état d'ébauche. Chaque bureau de moyenne importance (plus de 200 abonnés) devrait cependant posséder une table d'essai avec voltmètre et organes accessoires (cordons d'essai, jacks, clés d'écoute, bouton d'appel etc.) et le personnel capable de l'utiliser. Dans les bureaux plus importants (1000 abonnés et plus) c'est un véritable service qu'il faudrait créer avec installations complètes (milliampèremètres, voltmètres, tables de mesures, tables d'observation etc.)

et le personnel technique correspondant, lequel devrait être spécialisé et hiérarchisé dans le service des mesures et des dérangements. Le Chef du service des mesures aurait sous ses ordres directs, non seulement ses propres adjoints, mais les monteurs et les équipes d'entretien et de réparation des lignes. Il serait responsable vis-à-vis du service de l'exploitation du bon état d'entretien du matériel (et notamment des lignes) et de la prompte réparation des dérangements. Il exercerait une surveillance constante sur les lignes interurbaines au moyen d'essais quotidiens. Aussitôt qu'un dérangement serait signalé le Service des mesures en déterminerait rapidement la nature, la localisation, la cause probable et enverrait sur place le personnel nécessaire pour le relever.

Présentement le personnel de réparation n'est représenté que par les facteurs surveillants, lesquels ne sont ordinairement disponibles qu'après un assez long délai. La nécessité d'emprunter un train pour se rendre sur le lieu du dérangement y ajoute un retard — souvent très important — et oblige à se contenter de réparations sommaires faute de pouvoir emmener tout le matériel désirable. En fait, sous ce rapport, comme sous beaucoup d'autres, nous en sommes encore au régime des expédients. Le service des réparations n'est pas organisé. Il devrait comprendre un certain nombre d'ouvriers habiles, toujours disponibles, et pouvant être mis en route sans délai.

En 1912, la direction de l'exploitation téléphonique avait envisagé une organisation de ce genre. On aurait créé, pour commencer, dans les grands centres du réseau interurbain, une équipe de secours, composée d'un chef d'équipe et d'une demi-douzaine d'ouvriers. Cette équipe aurait été utilisée uniquement pour le service des dérangements et expédiée en totalité ou en partie, selon les besoins, aussitôt que les interruptions de lignes auraient été constatées. En dehors de ces missions elle serait restée en permanence à son point d'attache où on l'aurait occupée aux travaux de magasin. La guerre est survenue avant que les crédits nécessaires pour monter ce service aient été obtenus et depuis la fin des hostilités le projet n'a pas été repris.

Il le méritait cependant. Il faudrait des équipes de secours à tous les nœuds de concentration d'artères interurbaines.

D'autre part, la présence constante d'un personnel expert et toujours disponible ne suffit pas. Il faut mettre à sa disposition tout un matériel automobile pour assurer son transport rapide et celui du matériel de ligne qu'exigent les travaux de réparation à faire. Il est vrai qu'à l'heure actuelle presque toutes les lignes téléphoniques suivent les voies ferrées, mais cette particularité — qui n'a qu'un caractère provisoire — n'est nullement inconciliable avec l'emploi d'automobiles. En France, en effet, les routes permettent d'accéder à peu près partout. Constatons une fois de plus, en passant, combien le fait de placer les lignes sur les routes simplifierait tous les problèmes de construction, d'entretien et de réparation, grâce à l'utilisation d'automobiles de tous types et de machines-outils dont l'emploi est impossible le long des voies ferrées.

Ces questions, de première importance, exigeraient une étude particulière. Un point, en tout cas, doit être bien mis en relief. Il ne suffit pas, pour avoir un service automobile, d'acheter quelques camions, d'un type quelconque, et d'embaucher un certain nombre de chauffeurs pour les conduire. Une conception aussi simpliste ne peut conduire qu'à toutes sortes de déceptions. Pour qu'un service automobile rende les services de premier ordre qu'on peut attendre de lui, il faut — comme tout service — qu'il soit organisé. Cela suppose d'abord un choix judicieux des modèles : les types de camions nécessaires pour le service de la construction ou de la répartition du matériel ne peuvent être les mêmes que ceux destinés au service de l'entretien et des dérangements. Il s'agit de déterminer les meilleurs, les plus pratiques, les plus résistants, ceux dont la dépense de route et la dépense d'entretien kilométriques sont les moins élevées, dont la durée de service est la plus grande. Une expérience prolongée et méthodique peut seule permettre de résoudre toutes ces questions. Les Compagnies téléphoniques américaines, qui font usage sur une vaste échelle de voitures automobiles, utilisent une douzaine de modèles différents, depuis le camion lourd et la remorque pouvant

porter 5 tonnes, jusqu'à la camionnette légère n'enlevant qu'une seule tonne, sans parler des motocyclettes. Un personnel spécial est en outre indispensable pour tirer parti des voitures. Il comporte non seulement des chauffeurs, mais des chefs de district fixant les missions et les itinéraires des contrôleurs circulant sans cesse pour surveiller la stricte exécution de ces ordres, des garages convenablement répartis afin de réduire au minimum les parcours inutiles, des ateliers d'entretien et de réparations dirigés par des spécialistes de la partie et disposant d'ouvriers qualifiés, des dépôts de matériel, etc. Le service d'entretien et de réparations des lignes se sert exclusivement de camions de 2 tonnes, de camionnettes ou de motocyclettes, selon l'importance des travaux à exécuter.

Avec l'organisation que nous venons d'esquisser il peut donc toujours compter sur un personnel particulier lui appartenant en propre, qu'il peut mettre en outre à tout instant et qui, grâce à des moyens de transport rapides, est amené sans retard, avec tout son matériel, sur les lieux des dérangements. La durée de ceux-ci se trouve, par là même, limitée à quelques heures au plus.

* * *

Mais, la prompte réparation des dérangements ne réalise pas encore la solution idéale. Elle ne fait que l'approcher. Il faut tendre, dans la mesure du possible, *à empêcher les dérangements de se produire*. M. F. Lange fait valoir très justement à ce propos, dans l'article auquel il a déjà été fait allusion, que « les compagnies de chemins de fer ne craignent pas d'employer de nombreuses équipes de surveillance qui ne consacrent qu'une infime partie de leur temps à des travaux de réfection, mais dont l'activité incessante a surtout pour objet d'assurer à la circulation le degré de sécurité voulu ». Il suggère d'appliquer le même principe dans le service téléphonique. Ainsi qu'il le fait remarquer le grand défaut de l'organisation actuelle c'est que le personnel chargé de la réparation des lignes n'a en réalité aucun intérêt à les maintenir en bon état de fonctionnement. « Il semblerait

même que du fait des indemnités de déplacement il soit intéressant pour lui qu'il se produise assez fréquemment des dérangements ». En conséquence M. F. Lange propose d'instituer des garde-lignes placés, d'une façon fixe, tous les 8, 10 ou 12 km. environ, selon l'importance des artères. Chaque garde-ligne serait tenu de visiter une fois par jour les 2 artères de sa section et d'y procéder aux petits travaux d'entretien dont l'utilité apparaîtrait. Il établirait des comptes rendus journaliers de ses travaux et des rapports périodiques sur l'état de chacun des circuits de sa section. Une ligne téléphonique omnibus constituée soit à l'aide d'un combiné, soit en utilisant un fil télégraphique, relierait toutes les habitations des garde-lignes au bureau principal le plus proche, d'où le service technique leur enverrait éventuellement ses ordres à des heures fixes (entre 6 h. et 7 h. du matin par exemple).

M. F. Lange estime même, d'après ses calculs, que l'attribution d'une ligne téléphonique spéciale, toute la journée, au service des garde-lignes reviendrait à beaucoup moins cher que le manque à gagner résultant présentement du défaut de tout service analogue. Les garde-lignes devraient être recrutés exclusivement parmi les ouvriers ayant acquis une solide expérience dans la construction des lignes. Le service technique surveillerait de près leurs travaux.

Ces idées sont dignes de retenir l'attention car leur application améliorerait certainement dans une mesure très importante le fonctionnement des circuits interurbains. Elles ne sont pas, du reste, absolument nouvelles. Il y a une quinzaine d'années, la direction de l'Exploitation Téléphonique avait préconisé la création de garde-lignes uniquement chargés de circuler le long des grandes artères pour vérifier l'état des lignes. Ce projet a même reçu un commencement d'exécution, et depuis 1908, 85 ouvriers, disséminés le long des principales lignes, ont mission de s'acquitter de ce rôle. Si l'on s'en rapporte aux critiques soumises à l'Administration par plusieurs Chefs de service, le système serait peu efficace et les garde-lignes, entièrement livrés à eux-mêmes, ne rendraient en réalité que des services

purement illusoires. S'il en est ainsi, ce n'est pas le système qui est mauvais, mais la façon dont on l'applique. Assurément il exige à la fois une direction et un contrôle. Les deux paraissent faire défaut à l'heure actuelle. Il n'est pas étonnant dès lors que les résultats soient décevants. Là encore nous nous trouvons simplement en présence d'une absence d'organisation.

On ne saurait contester sérieusement qu'un service *préventif* de réparations, monté rationnellement sur des bases analogues à celles que propose M. F. Lange, ne puisse avoir pour effet de rendre les dérangements de lignes beaucoup moins nombreux et beaucoup plus courts.

*
* *

Concluons. Le service d'exploitation a besoin de lignes interurbaines qui marchent, de lignes qui produisent et une clientèle interurbaine satisfaite.

Ces résultats ne peuvent être obtenus — en dehors de l'extension du réseau et du perfectionnement des méthodes d'exploitation — que par les mesures suivantes :

1° construction des grandes artères interurbaines sous câble amélioration des procédés de construction des lignes aériennes en fils nus ;

2° construction sur route et abandon progressif des voies ferrées ;

3° étude très soigneuse des tracés ;

4° organisation d'un service automobile ;

5° organisation d'un service de garde-lignes (réparation préventive des dérangements) ;

6° organisation d'un service spécial de l'entretien et des dérangements (multiplication des services de mesures, création d'un cadre technique spécial pour le service des mesures de l'entretien et des dérangements).

L'exécution d'un tel programme exigerait évidemment la mise à la disposition de l'Administration de moyens financiers importants.

RÉSULTATS

DE L'EXPLOITATION PAR L'ÉTAT D'UNE GRANDE STATION DE TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

Les résultats d'exploitation donnés ci-après se rapportent au mois de mars 1922, début de la deuxième année, depuis la mise en service par l'État de la Station de Télégraphie sans Fil de la Croix-d'Hins (Bordeaux-Lafayette).

1° Dépenses.

Dépenses de la Direction du Service central de la T.S.F. imputables à la commande de la Station de Croix-d'Hins..................	12.545 00
Dépenses de la commande de Bordeaux-Lafayette au Central Radio (Paris)..................	16.401 39
Dépenses de la station de Bordeaux-Lafayette à Croix-d'Hins (usine radiogénératrice).......	108.815 61
Total................................	137.762 00

2° Recettes.

Recettes du service privé.

Amérique................................	114.763 73	
Colonies................................	21.963 98	
Total or..........................	136.727 71	OR.
papier = or × 1,8 = ...	246.109 87	PAPIER.
A déduire pour taxe télégraphique............	22.350 90	
Total radiotélégraphique papier.........	223.758 97	
Report dépenses —	137.762	
Excédent recettes sur dépenses = ...	85.996 97	

*
* *

Il conviendrait d'ajouter à cet excédent les taxes des télégrammes officiels des Affaires étrangères (communiqués) s'élevant à 193.762 frs.

Soit un excédent total de........................ 279.758 97

Cet excédent est sensiblement égal à l'amortissement du capital représenté par la Croix-d'Hins, de sorte que l'exploitation de la Croix-d'Hins a couvert en mars tous ses frais. Ceci est très encourageant pour l'avenir.

LE RÉSEAU RADIOTÉLÉGRAPHIQUE COLONIAL

Par M. le Capitaine Metz,
de l'Établissement central du matériel de la Radiotélégraphie Militaire.

Quel était le programme initial du grand réseau radiotélégraphique colonial? Où en est-on à l'heure actuelle? Comment, selon toute probabilité, se présentera définitivement le réseau lorsque l'installation en sera achevée? Telles sont les trois questions auxquelles le présent article se propose de répondre.

Programme initial du grand réseau colonial. — Il s'agissait de relier la France à toutes ses colonies par une chaîne de postes dont la portée, sauf pour deux ou trois d'entre eux, pouvait rester inférieure à 5.000 km. A cette date de 1911, la compagnie Marconi avait réussi à établir la liaison transatlantique Clifden Glace bay (4.000 km.) à l'aide de postes à étincelles, seuls au point à l'époque et d'une réception peu perfectionnée. Le projet français n'était donc pas d'une audace excessive.

La chaîne des postes se présentait de la façon suivante :

Un poste algérien (Colomb-Bechar), en liaison directe avec un poste puissant à établir dans le sud de la France, écoulait le trafic, d'une part sur Saint-Louis du Sénégal (2.400 km.), d'autre part sur Tombouctou (1.700 km.). Saint-Louis du Sénégal était relié aux Antilles (4.800 km. entièrement sur mer), Tombouctou à Bangui (Afrique équatoriale française; distance des deux postes 2.800 km.). Bangui faisait ensuite la liaison avec Djibouti (2.800 km.). Djibouti correspondait d'une part avec Tananarive (3.400 km.), d'autre part avec Pondichéry (3.900 km.). De Pondichéry partait une chaîne reliant entre elles toutes les colonies de l'Asie et de l'Océanie et ces dernières aux Antilles. Cette

chaîne était jalonnée par les postes suivants : Pondichéry, Saïgon, Nouméa, Papeete, les Marquises, les Antilles. Les liaisons radiotélégraphiques entre ces différentes stations exigeaient des postes dont deux seulement (Saïgon et les Marquises) devaient avoir des portées exceptionnelles. Les distances sont en effet les suivantes : Pondichéry-Saïgon 2.900 km, Saïgon-Nouméa 7.400, Nouméa-Papeete 4.600, Papeete-Marquises 1.400, Marquises-Antilles 9.000.

Le projet de loi déposé par le gouvernement en 1912 et qui ne fut jamais discuté différait légèrement du dispositif détaillé ci-dessus. C'est ainsi que le premier poste de la chaîne était prévu en Tunisie et devait correspondre directement avec Djibouti. Pour des raisons militaires, un poste puissant était également prévu au Maroc. Il est intéressant de noter que pour 14 postes, dont 2, Tombouctou et Saïgon, devaient être construits aux frais des colonies (et les colonies ont bien passé la commande, en effet, du matériel nécessaire), un crédit n'atteignant pas 17 millions était demandé, ce crédit étant porté à 20.000.000 pour permettre à 6 des postes de faire simultanément de l'émission et de la réception.

Ces chiffres seront à rapprocher des prix que nous donnerons plus loin.

Le parlement s'étant séparé en 1914 sans discuter le projet gouvernemental et la guerre étant survenue, le projet du grand réseau colonial resta entièrement abandonné jusqu'en 1917. Seul le matériel des stations de Tombouctou et de Saïgon qui avait été mis en commande par l'Afrique occidentale française et l'Indo-Chine se trouva prêt au début de la guerre. Il fut immédiatement réquisitionné, installé à Lyon et à Bucarest et rendit ainsi d'excellents services en attendant la mise au point du matériel à ondes entretenues (arcs et, vers la fin de la guerre, alternateur à haute fréquence).

La question du réseau intercolonial fut reprise en 1917 au point de vue purement militaire par une commission interministérielle que présidait le chef d'état-major général et dans laquelle étaient représentés tous les ministères que les questions

des liaisons par T. S. F. de la métropole aux colonies pouvaient intéresser (Colonies, Guerre, Marine, P. T. T.). Il fut décidé qu'un réseau simplifié réduit à un poste par grande colonie serait immédiatement mis en construction. Ce réseau devait permettre à la France, en cas de rupture des câbles, soit du fait de l'ennemi, soit par accident, de rester en relations avec ses principales possessions coloniales.

Cinq postes étaient prévus : en Algérie (Colomb-Bechar), en Afrique occidentale française (Bamako en remplacement de Tombouctou), en Afrique équatoriale française (Brazzaville en remplacement de Bangui), à Madagascar (Tananarive), en Indo-Chine (Saïgon).

Ces postes constituaient une chaîne permettant d'atteindre, depuis la métropole, avec les retransmissions convenables, une colonie quelconque. Chaque poste devait disposer d'une émission à ondes entretenues doublée d'émission à étincelle, cette dernière principalement destinée à faire des signaux horaires ou météorologiques et à envoyer des émissions concernant surtout les navires en mer. Toutefois à Brazzaville et à Saïgon l'émission à étincelles existait déjà ; on n'envisagea donc que l'achat du matériel à ondes entretenues. L'alternateur à haute fréquence Bethenod Latour semblant donner d'excellents résultats, on décida de munir les cinq postes d'alternateurs de ce type de puissance graduellement croissante suivant les distances à couvrir. Colomb Bechar et Bamako devaient disposer d'un alternateur de 100 kilowatts dans l'antenne et d'une antenne soutenue par des pylônes de 120 mètres ; Brazzaville et Tananarive d'alternateurs de 150 kilowatts avec des supports d'antenne de 150 mètres pour Brazzaville et de 200 mètres pour Tananarive. Saïgon, analogue au poste de Croix d'Hins qui s'achevait vers cette même époque, avait une nappe d'antenne soutenue par des pylônes de 250 mètres et actionnée par des alternateurs pouvant mettre 500 kilowatts dans l'antenne. Pendant que l'on préparait les marchés, que l'on contruisait le matériel technique, la T. S. F. faisait des progrès surprenants, surtout en ce qui concerne la réception. L'alternateur installé à Lyon et identique

à ceux de Tananarive et de Brazzaville donnait aux essais des résultats supérieurs à ceux que prudemment l'on escomptait. Il était parfaitement reçu à Tananarive et à Shangai aux heures favorables, grâce en partie aux amplificateurs excellents qu'avait réalisés la radiotélégraphie militaire et l'industrie française. Il devenait évident que les cinq postes coloniaux pourraient atteindre directement la France et que, par suite, le poste puissant d'Algérie n'avait plus de raison d'être, ni en soi, car la liaison Algérie-France pouvait se faire à bien moins de frais, ni comme relais pour Bamako. La suppression de ce poste fut donc décidée d'un commun accord entre les ministères et son matériel donné en partie à Bamako qui disposa ainsi de deux alternateurs à haute fréquence. Saïgon était déjà doté de deux alternateurs. Seuls Brazzaville et Tananarive n'en avaient qu'un. Il a paru rationnel de doubler l'alternateur de Tananarive par celui de Brazzaville et d'installer à Brazzaville un double jeu d'arcs qui se trouvait disponible en France. Ce matériel émetteur sera certainement suffisant pour écouler le faible trafic que l'Afrique équatoriale française pourra donner. Ses émissions atteindront la France aux heures favorables et transiteraient par Bamako si le trafic venait à augmenter suffisamment.

Ces deux décisions : suppression du poste d'Algérie, installation à Brazzaville de deux arcs et à Tananarive de deux alternateurs ont donné au réseau colonial créé en 1917 sa physionomie définitive.

Nous allons indiquer maintenant plus en détail où ce réseau en est à l'heure actuelle.

État actuel du réseau intercolonial. — Le réseau se compose de quatre postes (Bamako, Brazzaville, Tananarive, Saïgon), tous quatre en construction et dont nous allons donner les caractéristiques et l'état d'avancement à la date où est écrit le présent article.

a) *Bamako* (4.000 km. de la France). — Le poste primitif, identique au poste algérien récemment supprimé, devait disposer d'une antenne en T soutenue par 6 pylônes de 120 mètres

et constituée, outre la nappe descendante, de deux panneaux horizontaux de 250 mètres sur 250 mètres. Cette antenne comprenait 14 fils de 4^{mm} de diamètre. Sa longueur d'onde propre était de l'ordre de 2.700 mètres.

La suppression du poste d'Algérie a permis de doter Bamako de 4 pylônes supplémentaires, ce qui permettra d'allonger la partie horizontale du T, de part et d'autre, de deux nouveaux panneaux de 250 mètres sur 250. La nappe horizontale de l'antenne définitive aura donc 1.000 mètres sur 250 et sera soutenue par 10 pylônes de 120 mètres. Sa longueur d'onde propre sera de l'ordre de 4.000 mètres.

Sur cette antenne pourra débiter, soit un alternateur à haute fréquence qui donne normalement l'onde 10.000 mais peut aller jusqu'à l'onde 11.000, soit un alternateur à 500 périodes, alimentant un poste à étincelle et à éclateur tournant synchrone fixé sur l'arbre de l'alternateur. L'une et l'autre émission donnent 100 kilowatts dans l'antenne. On a récemment décidé, ainsi qu'il est dit plus haut, d'installer à Bamako l'alternateur qui avait été commandé pour le poste d'Algérie. Cet alternateur servira normalement de rechange à celui du poste, mais pourra aussi être couplé avec lui, ce qui augmentera très sérieusement la portée du poste. Ce couplage n'aura vraisemblablement pas de raison d'être, étant donnée la distance Bamako-France qui n'est relativement pas considérable. Il était pourtant intéressan de le prévoir et d'augmenter la capacité d'antenne en conséquence (10 pylônes au lieu de 6).

L'alternateur à haute fréquence et l'alternateur à 1.000 périodes sont entraînés l'un et l'autre par des moteurs continus à 500 volts. Pour produire le courant continu nécessaire à l'entraînement de ces moteurs, la station dispose de trois génératrices identiques de 300 kilowatts dont deux devront tourner ensemble si l'on veut faire marcher simultanément les deux alternateurs à haute fréquence, mais dont une seule suffira en marche ordinaire. Deux de ces génératrices sont actionnées par des machines à vapeur (l'un des groupes électrogènes à vapeur provient du poste faisant algérien supprimé), la troisième par un groupe de deux

Diesel chacun 250 chevaux. Le poste est complété par une batterie d'accumulateurs de 120 volts et 1.000 ampères-heures, pouvant donner la lumière et l'énergie nécessaires aux machines-outils de l'atelier très complet qui a été prévu. Cette batterie est chargée soit par une petite machine à vapeur soit par un moteur à essence d'une trentaine de chevaux.

Une chaufferie de 4 chaudières, dont 3 sont en service si l'on couple les alternateurs et 2 si l'on marche avec une seule machine, fournissent la vapeur nécessaire à la marche du poste. Une canalisation d'eau importante, avec motopompe, bassin de décantation, château d'eau et réfrigérant, permet de puiser l'eau au Niger et d'assurer le service hydraulique assez important d'une telle station (condensation des machines à vapeur, alimentation des chaudières, refroidissement de l'alternateur à haute fréquence).

Les bâtiments techniques sont au nombre de deux principaux : 1°) un bâtiment pour la haute tension, au premier étage duquel sont installés les trois groupes alternateurs moteur continu (2 à haute fréquence, 1 à mille périodes) avec tous les accessoires nécessaires à l'émission des ondes, en particulier les pupitres de manœuvre des machines et les dispositifs de manipulation ; 2° une salle des machines à laquelle est accolée la chaufferie et qui comprend les trois génératrices à 500 volts avec les machines thermiques qui les actionnent. Ces machines sont également à l'étage, le rez-de-chaussée des deux bâtiments fonctionnant comme un sous-sol et servant à l'installation de toutes les canalisations, tuyauteries ainsi que des condenseurs. Cette disposition a été prise parce qu'un véritable sous-sol aurait constamment été inondé pendant la saison des pluies. Les deux bâtiments de la haute tension et des machines sont reliés par un passage couvert qui abrite les connexions allant des génératrices continues aux moteurs. Un troisième bâtiment, dit de la réception, beaucoup moins important, contiendra les pendules qui commanderont l'émission et permettront de faire des signaux horaires automatiques. Ce bâtiment devait contenir aussi une réception sans antenne, mais, comme nous le dirons plus loin, cette dernière réception sera complète-

ment abandonnée et remplacée par une réception sur cadre qui sera installée à plusieurs kilomètres du poste émetteur. Les trois bâtiments dont nous venons de parler, d'autres locaux techniques moins importants (atelier, bureaux, hangars, etc...), des locaux d'habitation pour une vingtaine d'Européens, dont plusieurs pavillons séparés pour le personnel dirigeant, les installations assez importantes (château d'eau, bassin de décantation, etc...) de l'adduction d'eau constituent un ensemble qui est actuellement très avancé et dont le prix de construction sera de l'ordre de 2 à 3 millions.

Avant de donner des détails précis sur le point où en sont tous ces travaux, il reste à dire un mot sur l'installation d'ensemble projetée pour le centre radiotélégraphique de l'Afrique Occidentale Française. A Bamako même, l'installation prévue est le dispositif moderne actuellement admis partout et qui sera réalisé aussi dans les trois autres postes coloniaux. Ce dispositif est le suivant : l'usine d'une part, dont nous venons de parler en détails et qui fabrique le courant de haute fréquence nécessaire à l'émission, le centre récepteur d'autre part, où l'on recevra sur cadre le ou les correspondants. Ce centre récepteur sera vraisemblablement installé pour chacun des postes coloniaux dans l'agglomération urbaine elle-même ou à proximité immédiate. Enfin le bureau central qu'il y aura intérêt à installer quand on le pourra dans le bâtiment même du central télégraphique de Bamako, Brazzaville, Tananarive ou Saïgon. Depuis ce bureau central, on commandera l'émission du grand poste. On cherchera aussi à amener dans la salle même d'où l'on manipule le courant de réception capté par les cadres du centre récepteur et amplifié de telle façon que lecteur au son ou surveillant d'appareil enrégistreur et manipulant soient côte à côte et puissent entrer en liaison directe sans aucune retransmission. Peut-être passera-t-on aux colonies par une solution intermédiaire, où le manipulant sera bien installé au bureau central, mais où le lecteur restera dans le bâtiment du cadre en liaison directe par fil avec le bureau central.

L'écoute de Bamako sera certainement doublée par une seconde écoute installée à Dakar, car beaucoup de télégrammes seront à

acheminer par le Sénégal, et Dakar, les prenant directement, gagnera du temps à ne pas attendre la retransmission depuis Bamako. Dakar et Bamako seront reliés entre eux non seulement par le fil dont le fonctionnement n'est pas toujours excellent, mais aussi par la T. S. F. On emploiera pour cette liaison un arc de 25 kilowatts installé actuellement à Rufisque (14 km. de Dakar) et directement manipulé depuis Dakar.

Où en est actuellement la construction du grand poste de l'Afrique Occidentale Française ?

Les six pylônes du poste primitif sont montés. Les bâtiments sont presque entièrement terminés. Tout le matériel technique est à pied d'œuvre. On termine en ce moment le bâtiment de la haute tension et l'on achève de monter les machines. Les locaux d'habitation sont faits, ainsi que tous les travaux d'adduction d'eau. Il semble que vers la fin de l'année les premiers essais de l'alternateur à haute fréquence pourront être commencés. Il est à noter que cet alternateur a fonctionné déjà sur l'antenne de Lyon et a parfaitement été entendu en A. O. F.

Le poste terminé reviendra à plus de 5 millions. Dans ce prix, n'est pas comprise la valeur du terrain fourni par la colonie. Nous n'y comprenons pas non plus des bénéfices d'entrepreneurs, ni des frais de personnel de montage ; ce personnel est en effet presque entièrement militaire. Il a donc travaillé sans bénéfices et pour un traitement qu'il aurait fallu lui payer de toute manière, traitement presque négligeable par rapport aux autres dépenses du poste. Il semble qu'un poste de cette importance donné à l'entreprise privée aurait coûté une somme bien supérieure aux 5 millions dont nous parlons plus haut, somme qu'il est intéressant de rapprocher des 17 millions pour 12 postes du projet de 1911.

b) *Brazzaville* (6.000 km. de la France). — Ce poste est le moins avancé des quatre. C'est le poste qui sera le plus difficile à réaliser à cause du manque de ressources de l'Afrique Equatoriale Française. C'est aussi celui qui, selon toute vraisemblance, donnera le moins de recettes.

L'antenne de Brazzaville est une nappe horizontale de 250 mètres

sur 900, supportée par 8 pylônes de 150 mètres de hauteur. Elle compte 16 fils de 4mm de diamètre et a une longueur d'onde propre de l'ordre de 6.000 mètres. Sa forme est dite en L (nappe descendante au bout de la nappe horizontale). Sur cette antenne devait débiter un alternateur à haute fréquence donnant 150 kilowatts dans l'antenne et identique à celui qui est actuellement en service à Lyon et qui est couramment entendu à Tananarive (9.000 km.) et Shangaï (10.000 km.). Cet alternateur est prévu pour donner l'onde 13.000 ; il peut donner, sans diminution sensible de puissance, jusqu'à l'onde 14.000. Nous avons déjà dit que l'alternateur primitivement prévu pour Brazzaville ira à Tananarive et que Brazzaville sera finalement doté d'une paire d'arcs autrefois installés à Lyon et qui pourront mettre une énergie de l'ordre de 70 kilowatts dans l'antenne. Avec une prise de terre convenablement étudiée, ces arcs donneront une émission qui sera reçue en France pendant un nombre d'heures très suffisant chaque jour pour écouler le faible trafic que pourra donner la colonie. Si, contrairement à toutes les prévisions, ce trafic prenait une grande importance, il serait toujours loisible de renforcer le poste et de transiter en attendant par Bamako dont la liaison avec Brazzaville sera assurée en permanence sans la moindre difficulté, la distance des deux postes n'étant que de 3.000 km.

Les arcs seront alimentés par deux groupes à vapeur : d'une part, une turbine qui avait été commandée pour l'alimentation du moteur continu de l'alternateur à haute fréquence, mais dont les dynamos étaient dès l'origine disposées pour se prêter à l'alimentation éventuelle d'un arc, d'autre part une des machines à vapeur du poste supprimé d'Algérie et qui entraîne une dynamo de 300 kilowatts suffisante comme machine de secours.

Une batterie d'accumulateurs de 1.500 ampères-heures fournit l'énergie nécessaire à l'éclairage, aux machines-outils et aux divers services auxiliaires du poste. Elle est chargée, soit par un Diesel de 75 chevaux, soit par un petit groupe à vapeur.

Une batterie de trois chaudières, dont une de rechange, alimente la turbine ou la machine à vapeur de secours. Une canalisation d'eau, moins importante que celle de Bamako, alimente

un bassin dans lequel des pompes viennent puiser l'eau nécessaire au poste et qui est récupérée.

On installera très probablement dans les locaux mêmes du grand poste une émission à étincelles de 50 kilowatts primitivement commandée pour être installée à Mindouli, près de Brazzaville.

Les bâtiments techniques se composent essentiellement d'un grand bâtiment en forme de T, élevé, comme à Bamako, sur un premier étage où sont disposées condensation des machines à vapeur, tuyauteries, connexions. Ce bâtiment unique comprend la chaufferie et dans une grande salle de 12 mètres sur 36 toutes les machines thermiques et électriques avec tous les dispositifs nécessaires pour leur fonctionnement et pour l'envoi des signaux. L'antenne arrive en bout de cette grande salle qui se présentera comme un central ordinaire avec les arcs à l'extrémité où aboutit l'antenne et les machines à vapeur du côté qui est contigu à la chaufferie.

Au bâtiment principal viennent s'accoler deux autres petits bâtiments contenant l'un les services auxiliaires, l'autre l'atelier. En outre, des bâtiments d'habitation prévus pour 18 personnes et qui sont actuellement assez avancés, complètent l'ensemble des locaux dont les frais d'établissement seront du même ordre que pour Bamako.

Le centre radio-électrique de Brazzaville sera organisé comme celui de Bamako avec, en outre de l'usine, une réception sur cadre et un bureau central, ce dernier installé dans la ville, la réception sur cadre à proximité immédiate.

Les travaux du centre en sont au point suivant : les locaux d'habitation sont faits, le bâtiment technique en est aux fondations ; le matériel technique est à pied d'œuvre ; les pylônes seront commencés vers mars ou avril et achevés dans le courant de l'année. Le poste ne pourra commencer ses essais en 1923.

c) *Tananarive* (à 9000 km. de France.) — Ce poste est au moins aussi avancé que celui de Bamako.

Son antenne sera supportée par 8 pylônes de 200 mètres de hauteur est constituée par une nappe horizontale de 900 mètres

sur 300 avec une nappe descendante en bout de la nappe horizontale. L'antenne, comme celle de Brazzaville, comporte 16 fils de 4 mm de diamètre et a une onde propre de l'ordre de 6.000 mètres.

Sur cette antenne devait débiter, soit un alternateur haute fréquence de 150 kilowatts antenne de même puissance que ceux de Lyon ou de Brazzaville et prévu pour donner l'onde 15.000, mais pouvant donner l'onde 14.000 sans perte appréciable de puissance, soit un alternateur à 1.000 périodes alimentant une émission à étincelles avec éclateur tournant synchrone monté sur l'arbre de l'alternateur et mettant également 150 kilowatts dans l'antenne. A ces deux alternateurs, on va en adjoindre un troisième qui est l'ancien alternateur à haute fréquence de Brazzaville. Cet alternateur à haute fréquence servira normalement de rechange à l'autre, mais pourra, s'il devient nécessaire, être couplé avec lui, les deux alternateurs donnant une onde de l'ordre de 14.000 qu'ils peuvent fournir l'un et l'autre.

Ces trois alternateurs, tous trois entraînés par des moteurs continus à 500 volts, sont alimentés par deux génératrices de 600 kilowatts, l'une servant de rechange à l'autre et qui sont entraînées, l'une par un moteur asynchrone branché sur le secteur de Tananarive, l'autre par une turbine à vapeur analogue à celle de Brazzaville. Ces dynamos ont été calculées assez largement pour qu'une seule d'entre elles puisse fournir l'énergie nécessaire aux deux alternateurs couplés, mais seulement en régime de manipulation qui est le régime normal et qui consomme au plus les 2/3 de l'énergie nécessaire pour faire débiter les alternateurs à pleine charge (trait continu prolongé).

Par ailleurs, il semble bien, d'après les résultats obtenus par l'alternateur de Lyon qui est installé dans des conditions plutôt moins avantageuses que celles où sera installée la machine de Tananarive et qui est de même puissance, que le couplage des deux alternateurs de Tananarive sera inutile ou du moins exceptionnel. Une batterie d'accumulateurs de 1.500 ampères-heures fournit l'énergie nécessaire à tous les services auxiliaires de la station (éclairage, force motrice nécessaire à l'atelier, etc..). Elle

est chargée, soit par un petit groupe triphasé continu branché sur le secteur, soit par un groupe électrogène à essence de secours.

Le poste est donc monté pour pouvoir se passer, le cas échéant, entièrement du secteur : turbine à vapeur pour l'alimentation du poste proprement dit, groupe à essence pour la charge des accumulateurs.

Une batterie de trois chaudières, dont une de rechange, alimente, comme à Brazzaville, la turbine quand le secteur est en panne.

Une canalisation d'eau importante avec château d'eau et bassin de décantation assure tous les services hydrauliques de la station (condensation de la turbine, alimentation des chaudières, refroidissement de l'alternateur à haute fréquence, etc..).

Les bâtiments techniques sont analogues à ceux de Brazzaville, mais couvrent une surface plus grande. Le bâtiment principal a la forme d'un T, dont la branche horizontale, de 15 sur 52, comprend au milieu la chaufferie munie d'une cheminée de 32 mètres de haut et, de part et d'autre, d'un côté, la salle de l'émission à étincelles installée sur sous-sol, de l'autre, les services auxiliaires (groupe électrogène de charge et batterie d'accumulateurs) et l'arrivée de la haute tension. Cette arrivée a lieu par une ligne souterraine à 20.000 volts. L'autre branche du T se compose d'une salle unique de 14 sur 38 sur sous-sol qui contient le groupe triphasé continu, la turbine à vapeur avec sa condensation et les deux alternateurs à haute fréquence avec tous les pupitres et accessoires nécessaires à la conduite des machines et à l'émission des signaux (transformateur à haute fréquence, self d'antenne, dispositif de manipulation). L'antenne arrive en bout de cette salle du côté opposé à la chaufferie. Adossés à cette chaufferie, sont installés les bureaux du chef de quart qui peut d'un seul coup d'œil surveiller le fonctionnement de toutes ses machines. La salle dispose d'un pont roulant qui permettra l'installation et la révision commode du matériel.

A ce bâtiment principal, viennent s'accoler de part et d'autre deux bâtiments de moindre importance contenant l'un les bureaux, l'autre les ateliers.

Des bâtiments d'habitation prévus pour 21 personnes avec des pavillons séparés pour le personnel dirigeant complètent l'ensemble des locaux dont le prix sera du même ordre que pour Bamako. Toute cette agglomération qui constitue l'usine génératrice du courant à haute fréquence est à environ 4 km de Tananarive.

Le centre radioélectrique de cette ville comportera, selon toute vraisemblance, outre l'usine que nous venons de décrire, une réception sur cadre installée à l'extrémité ouest de la ville et un bureau central de Tananarive, ces trois emplacements naturellement reliés par ligne spéciale et directe.

Les travaux en sont au point suivant. Le grand bâtiment technique n'attend plus que sa couverture qui sera posée incessamment. Les locaux d'habitation sont très avancés. Tout le matériel technique est à pied d'œuvre. Le montage des pylônes est commencé et durera environ six mois. Il semble que, sauf imprévu, on peut prévoir les premiers essais du poste pour la fin de l'année.

d) *Saïgon*. — Le montage et l'exploitation de Saïgon ont été remis à une entreprise privée. Ce poste, au contraire des autres, qui seront remis aux P. T. T. par la guerre dès leur achèvement, a été remis dès le début de son installation au gouvernement de l'Indo-Chine qui en assure le montage par l'entremise de l'industrie.

Le poste originel, tel que la guerre l'avait commandé, comprenait le matériel suivant :

8 pylônes de 250 mètres supportant une antenne en L à 20 fils dont la nappe horizontale couvrait une surface de 400 mètres sur 1.200. Cette antenne est identique à celle du poste Lafayette à Croix d'Hins. Sa longueur d'onde propre est de l'ordre de 7.500.

Sur cette antenne doivent débiter deux alternateurs pouvant mettre 500 kilowatts dans l'antenne et identiques à celui qui va être incessamment installé à Croix-d'Hins, de sorte que les deux postes seront entièrement comparables.

Ces alternateurs sont actionnés chacun par deux moteurs continus à 500 volts qui sont du même type que ceux qui actionnent

les alternateurs du type Lyon et Tananarive, et ces moteurs sont alimentés par deux groupes triphasés continu servant de rechange l'un à l'autre et branchés sur le secteur de Saïgon.

Le poste, qui dispose encore d'une batterie d'accumulateurs de 1.500 ampères-heures destinée aux services auxiliaires et chargée par deux petits groupes triphasés continu, n'a aucune machine thermique de secours. Le secteur de Saïgon semble en effet présenter toute garantie et les machines électriques de la station existent en double.

Les alternateurs de 500 kilowatts ne pouvant être livrés que dans un délai assez important (ils sont à peine terminés à l'heure présente), la colonie a fait l'acquisition en 1920 à titre provisoire d'un alternateur identique à celui de Tananarive qui se trouvait disponible et que l'on installe en ce moment à Saïgon en attendant l'arrivée du matériel définitif.

Les bâtiments techniques sont fournis par la colonie en même temps que le terrain. Ce sont des bâtiments qui ont coûté, avant la guerre, de 5 à 600.000 francs et qui avaient été préparés pour l'installation du 150 kilowatts étincelles commandé pendant la guerre en remplacement de celui réquisitionné pour Lyon. Ce matériel se trouve actuellement à Saïgon, mais n'a pas été installé. On avait cependant monté les pylônes de 120 mètres qui seront probablement transportés ailleurs.

Les bâtiments d'habitation existent aussi.

La Compagnie générale de T. S. F. qui fait en ce moment l'installation du centre radiotélégraphique de Saïgon doit installer, non seulement l'usine mais encore le centre de réception et le bureau central. Elle disposera vraisemblablement ces différents organes dans le même esprit qu'elle a installé Villecrennes et Sainte-Assise et ramènera certainement au bureau central, non seulement la liaison directe qui permettra la manipulation à distance, mais encore le courant de réception recueilli par les cadres et qui actionnera au bureau central même, et à côté du manipulant, le dispositif de réception enregistrée.

La construction en est actuellement au point suivant : les 8 pylônes de 250 mètres sont en montage depuis décembre 1921.

L'alternateur de 200 kilowatts et ses accessoires, les 2 groupes triphasés continu, du poste définitif sont en voie d'installation dans les bâtiments cédés par la colonie..

Le poste de 200 kilowatts fera ses essais vers juillet 1922, le poste définitif avec ses deux alternateurs 500 kilowatts vers la fin de l'année.

Il nous reste à dire un mot de ce que nous réserve l'avenir, comment on doit envisager d'une part l'exploitation des postes qui vont être achevés, comment le réseau colonial va vraisemblablement se continuer et se terminer et quels services la T. S. F. rend à présent aux colonies.

Organisation du service d'exploitation. Continuation et achèvement du réseau. — Les quatre postes actuellement en voie d'achèvement seront remis, sauf Saïgon, à l'Administration des P. T. T. dès la fin de l'installation. Cette administration a prévu à Bamako, Brazzaville et Tananarive un personnel blanc assez important pour l'exploitation de l'usine et du poste récepteur ou des bureaux centraux. Il faut compter une quinzaine d'Européens à l'usine et de 4 à 6 par écoute.

Ces chiffres n'auront pas besoin d'être dépassés si on réussit comme on peut l'espérer à réunir des indigènes en nombre suffisant pour assurer d'une part les besognes subalternes de l'usine (chauffeurs, aides électriciens, aides mécaniciens, etc.), et d'autre part les fonctions d'opérateurs à la réception (lecteurs et manipulants). Ils ont été établis en admettant comme première approximation que la durée du service quotidien de chaque poste ne dépasse pas 8 heures.

Si l'administration avait des difficultés à recruter dans ses propres cadres un personnel européen suffisant, une aide efficace pourrait lui être apportée par la section des télégraphistes coloniaux dont le personnel est déjà d'un appoint précieux pour l'exploitation des réseaux radiotélégraphiques locaux et aussi pour le service postal et télégraphique avec fil. C'est vers cette modalité d'exploitation que l'on tendra certainement : Personnel européen mi-civil, mi-militaire mais dirigé par du personnel des P. T. T. ;

personnel indigène aussi nombreux que possible dans toutes les fonctions où l'Européen, infiniment plus coûteux, ne sera pas rigoureusement nécessaire.

Mais déjà, même inachevé, ce réseau rend des services. On a organisé en effet partout des écoutes munies des meilleurs dispositifs actuels et l'on fait du service unilatéral. Les télégrammes passent par T. S. F. dans le sens France-Colonie, la colonie répondant par câble. Le poste de Croix d'Hins est entendu partout. C'est lui qui passe les télégrammes à Bamako, Brazzaville et Tananarive. Il ne le fait pas encore couramment à Saïgon où l'on est en train d'installer un dispositif antiparasite qui permettra sans aucun doute une réception satisfaisante. Lyon était d'ailleurs parfaitement entendu aussi et même à des distances dépassant celle de Saïgon (liaison Lyon-Shangai). Mais Saïgon, très voisin des régions équatoriales, est particulièrement gêné par les parasites atmosphériques.

Quoi qu'il en soit, et avant que les postes coloniaux en construction n'émettent, la T. S. F. assure dans un sens seulement des liaisons au moins aussi bonnes que celles que pouvait assurer le câble. Ce dernier fonctionne seulement pour les transmissions en sens inverse et écoule en particulier les demandes de répétition, très peu fréquentes d'ailleurs. Tananarive, le plus éloigné des postes que les P. T. T. auront à exploiter, a une réception particulièrement satisfaisante et ne fait pour ainsi dire jamais répéter les radios qu'on lui envoie.

Comment va-t-on achever maintenant, selon toute vraisemblance, le réseau colonial que les quatre grands postes en construction n'ont fait qu'amorcer? Les seuls postes puissants dont le ministère des Colonies envisage actuellement la construction sont les suivants, classés par ordre d'urgence :

1° Nouméa et Papeete (Tahiti) destinés à prolonger d'une part dans le Pacifique la liaison Paris-Saïgon et d'autre part à relier éventuellement l'Océanie aux Antilles. Le poste de Tahiti est sur la ligne de navigation qui passe par le canal de Panama et peut servir de poste de transit entre l'Australie et le Canada. Son trafic, au moins tant que Papeete ne sera pas devenu un

grand poste de relâche sur la route de Panama, sera presque négligeable ; son rôle au point de vue influence française dans le monde peut être très important ;

2° Fort de France (à 7.000 km. de Paris) reliera les Antilles à la métropole et se trouve aussi sur la route de Panama ;

3° Djibouti (à 6.000 km. de la métropole) pourrait servir de relais à la liaison de Paris-Saïgon aux heures défavorables ;

4° Enfin Dakar, qui doublerait Bamako quand le développement économique de l'A. O. F. l'exigera et dont la construction ne semble pas prochaine.

Nouméa et Papeete au contraire, qui sont distants de 4.500 km. l'un de l'autre, font l'objet, à la date où cet article est écrit, de discussions qui vont conduire à des décisions immédiates.

Si l'on veut se contenter d'une solution qui n'engage qu'au minimum les finances de l'État, mais qui est complètement en dehors de l'idée directrice du grand réseau, on peut chercher à assurer simplement les intercommunications des deux postes. Ils ne seront reliés à la métropole qu'unilatéralement. Une écoute munie des derniers perfectionnements leur permettra d'entendre Saïgon et même Croix d'Hins. Ils répondront par le câble qui relie Nouméa à l'Australie. Cette solution économique coûtera encore de 8 à 10 millions pour l'ensemble des deux stations.

Si l'on veut installer, soit à Nouméa un poste qui assure la liaison avec Saïgon, soit à Papeete un poste atteignant la Martinique et Saïgon en même temps, ce poste extra-puissant reviendra à 15 ou 20 millions.

Là est toute la question de l'achèvement du réseau. On se trouvera fatalement amené à dépenser des sommes considérables qui dépasseront certainement 40 millions pour les quatre postes que nous venons de citer (Nouméa, Papeete, la Martinique, Djibouti). En face de ces dépenses, il faudra inscrire des recettes insignifiantes. La réalisation du réseau complet reliant la France à toutes ses colonies ne sera jamais, sauf pour un très petit nombre de stations, intéressante pécuniairement. Elle est d'une très grande importance au contraire au point de vue du rang et du prestige de la France dans le monde. Déjà, nous sommes une

puissance de second ordre en ce qui concerne les câbles et nous dépendons d'autrui. Il s'agit de savoir si le fait de ne pas subir la même infériorité au point de vue T. S. F. vaut le prix que coûterait l'achèvement du réseau colonial.

LES COMMUNICATIONS MONDIALES[1]

Par A. N. Goldsmith.

Notre intention n'est pas d'étudier en détail une question aussi importante que celle des communications mondiales ; nous nous bornerons à esquisser à grands traits les méthodes d'exploitation actuellement en vigueur et celles susceptibles d'être utilisées à l'avenir. Les matières se rapportant à un sujet aussi vaste abondent ; on ne saurait faire mieux que d'en donner un résumé et d'étudier les divers problèmes qui se posent en les considérant dans leur ensemble et dans leurs rapports mutuels. Nous ajoutons que si nous avons donné une importance particulière au chapitre des communications radioélectriques, c'est que la question nous est plus familière. Un article bien ordonné relatif aux voies de communications à très longue distance, réserverait certainement la première place aux liaisons par conducteurs. Nous nous sommes efforcé d'atténuer ce manque de proportion ; toutefois, le lecteur voudra bien juger de notre travail dans son ensemble et ne pas considérer l'importance relative des divers moyens de communication d'après la place que nous leur avons réservée ici.

Tous ceux qui sont à la tête d'une entreprise de quelque importance (disons même les simples particuliers) admettent certainement que le procédé qui consiste à déplacer les personnes qui désirent converser avec une autre, est peu pratique s'il est nécessaire. Aujourd'hui, dans beaucoup de cas, on en est encore réduit à procéder de cette manière si peu satisfaisante. Ce qu'on doit chercher, c'est mettre en rapport direct deux intelligences et non pas déplacer lentement et inutilement l'une des deux personnes. Une conversa-

---

(1) Conférence faite à New York le 17 novembre 1921, à la 372e assemblée de l'A. I. of E. E. (*Journal of the American Institute of Electrical Engineers* : décembre 1921.)



tion verbale ordinaire entre deux individus, est, à n'en pas douter, une solution satisfaisante lorsqu'ils parlent la même langue et qu'ils se trouvent séparés par une distance raisonnable. Mais quand cette distance augmente, quand par exemple nous nous éloignons de ceux à qui nous voudrions soumettre nos idées, le procédé ne convient plus. Ce que nous voulons alors, c'est pouvoir nous rapprocher d'une façon ou d'une autre des personnes avec lesquelles nous sommes en relations d'affaires ou d'amitié. Toute la question dépend de la distance qui nous sépare de ces personnes. Évidemment, les choses se simplifient si nous nous trouvons dans une même région. Mais aujourd'hui, les communications à longue distance sont pour nous d'un grand intérêt étant donné la fréquence des voyages et l'extension prise par les relations commerciales modernes.

On peut classer les moyens de communication en deux catégories bien définies, chacune possédant ses caractéristiques propres; ce sont les communications par conducteurs et les communications sans fil. Sauf lorsqu'on utilise un mégaphone, la transmission de la parole rentre dans la catégorie des communications non dirigées. En d'autres termes, l'énergie rayonnée s'écoule dans toutes les directions; le transmetteur étant placé au centre d'une sphère, toutes les personnes situées à la surface de la sphère pourront recevoir le message aussi bien l'une que l'autre. D'une façon générale, les méthodes de radiotélégraphie appartiennent à la catégorie des communications non dirigées, parce qu'il est très difficile de rayonner l'onde dans une direction déterminée exclusivement ; et à supposer même que l'onde soit émise comme un rayon lumineux, elle dévie sous l'effet de la diffraction, de la réflexion, de la réfraction en traversant un milieu diffusant tel que le brouillard. Un projecteur moderne constitue la meilleure source d'ondes libres dirigées; la télégraphie optique et la téléphonie optique (photophone) ont été fréquemment utilisées aux armées. Dans la transmission des ondes électromagnétiques libres, on ne trouve rien de comparable à l'emplacement exact des postes récepteurs, à l'ensemble des voies parallèles, deux caractéristiques de la téléphonie ordinaire qui permet d'écouler simultanément un grand nombre de conversations sur les nombreux circuits d'un même câble.

La téléphonie et la télégraphie ordinaires, la radiotélégraphie par conducteurs (appelée encore la télégraphie à haute fréquence guidée), la télégraphie et la téléphonie multiples par courant porteur de haute fréquence sont autant d'exemples de voies de communications dirigées. Les ondes électromagnétiques s'acheminent le long des conducteurs vers un bureau destinataire bien déterminé ; l'énergie est transmise dans un sens déterminé ; il ne se produit de pertes par rayonnement qu'au cas où les constantes distribuées de la ligne sont modifiées brusquement.

Les communications électromagnétiques, dirigées ou non, sont basées sur la transmission, à travers l'espace, des ondes électromagnétiques. Dans la transmission non dirigée, appelée communément radiotélégraphie, les ondes rayonnent dans tous les sens ; un grand nombre de stations peuvent donc les recevoir. Dans la transmission dirigée, connue sous le nom de télégraphie avec fil, les conducteurs constituent autant de « guides » qui conduisent les ondes au point exact où l'on désire les faire parvenir.

Les deux méthodes présentent des avantages et des inconvénients. En général, sur terre, elles ne se concurrencent pas ; elles se viennent en aide mutuellement.

La radiotélégraphie moderne n'est pas dirigée ; les signaux sont reçus avec la même facilité dans tous les postes situés à la même distance de la station émettrice. Dans des buts militaires et pour faciliter la navigation, on s'est servi d'ondes partiellement dirigées ; il est possible que ce système soit susceptible de perfectionnements surtout si l'on se contente d'opérer sur de courtes distances avec de faibles longueurs d'onde ; malgré cela, étant donné les restrictions qui caractérisent ce mode de communication, on éprouvera de sérieuses difficultés pour obtenir des résultats comparables, même de très loin, à ceux obtenus en télégraphie ordinaire.

Une communication dirigée se distingue d'une autre qui ne l'est pas en ce que la voie directe qu'elle a suivie aboutit au destinataire du message. En réalité, c'est l'employé qui reçoit un télégramme à l'appareil qui est le véritable destinataire ; la personne dont le nom figure sur l'adresse ne reçoit qu'une copie du télégramme distribuée par un facteur qui n'est pas toujours un agent de liaison diligent.

Quoi qu'il en soit, entre le poste de départ et le poste d'arrivée, le circuit télégraphique d'un câble constitue une voie unique et bien définie. Pour être complet, nous devrions dire que cette voie est parsemée d'obstacles ; ce sont : les pertes des fils télégraphiques ; les phénomènes d'induction mutuelle qui se produisent même dans le cas de conducteurs câblés ; les ondes électromagnétiques rayonnées par les circuits télégraphiques pendant les périodes transitoires. D'une façon générale, ces phénomènes sont peu sensibles ; actuellement on peut les négliger ; toutefois leur influence sur les circuits téléphoniques mérite d'être étudiée de près.

Il est évident que les communications dirigées et celles qui ne le sont pas ont, les unes et les autres, des caractéristiques remarquables et possèdent des valeurs pratiques réelles. Une communication par fil possède les avantages suivants : le secret des messages est assuré ; le rendement de la transmission est meilleur ; la destination des messages est bien déterminée ; la constitution d'un réseau plus ou moins dense ne soulève aucune difficulté sérieuse.

Il est intéressant de signaler que, dans les systèmes sans fil, le *rendement de la transmission de l'énergie* est pratiquement nul.

Le rapport entre l'énergie transmise et l'énergie reçue sur une bonne communication transocéanique est de l'ordre de 100 trillions à 1. Et encore l'énergie emmagasinée dans l'antenne ou dans l'organe générateur du poste d'émission n'est-elle pas rayonnée en totalité. L'efficacité du rayonnement même peut tomber de 50 à 1 ou 2 pour cent. L'efficacité de transmission sur un circuit téléphonique à longue distance ou sur un câble sous-marin est incomparablement plus grande que sur une radiocommunication où l'affaiblissement (diminution de l'amplitude des signaux) augmente avec la distance. Toutefois le *rendement commercial de la communication* sans fil peut être très élevé, si on la considère comme procédé commercial de transmission des renseignements. Ainsi, les frais d'un radiotélégramme expédié d'Amérique en Europe sont comparables à ceux d'un câblogramme ayant le même nombre de mots. En d'autres termes il se produit un équilibre approximatif entre les frais considérables entraînés par la construction et la pose du câble et les frais peu élevés entraînés par l'équipement des deux postes extrêmes

d'une part, et le prix de revient très élevé d'une station émettrice, le prix peu élevé d'un poste récepteur, et les frais nuls en conducteurs, d'autre part. La compensation est telle qu'on voit tout de suite que la question de l'efficacité intrinsèque de la transmission de l'énergie n'influe pas sur la valeur réelle d'un moyen de communication. Il ne faut pas en conclure que ce rendement de la transmission ne doive pas entrer en ligne de compte lorsqu'on compare entre eux différents systèmes radiotélégraphiques, mais seulement que ce n'est pas un critérium absolu lorsqu'on juge de la valeur commerciale d'une communication non dirigée comparée à celle d'une communication dirigée.

Il semble que les systèmes de communications non dirigées (une communication radiotélégraphique par exemple) conviennent parfaitement bien à un service d'information ; c'est dans ce sens qu'ils trouveront un vaste champ d'application. A l'heure actuelle, aux États-Unis et en Allemagne fonctionnent des services d'information par sans fil; on peut dire que, pratiquement, tous les pays utilisent la télégraphie sans fil pour transmettre l'heure, les observations météorologiques, les avis de tempête, etc.

Considérons une communication radiotélégraphique comme le type réel et parfait d'une communication non dirigée ; les deux problèmes principaux dont il faut rechercher la solution sont : 1° suppression des perturbations atmosphériques gênant la réception ; 2° élimination des perturbations dues au brouillage occasionné par d'autres stations émettrices.

Il semble bien qu'il se produise dans l'atmosphère, un certain nombre de phénomènes électriques (dont la cause est peu connue), qui tendent à déformer les signaux radiotélégraphiques. Dans des conditions tout à fait favorables, et avec les appareils modernes de réception équipés en vue d'éliminer ces perturbations, leur présence est à peine sensible ; d'autre part, lorsqu'un orage bat son plein dans le voisinage et avec des appareils récepteurs impropres, l'échange des communications devient impossible. A la suite de recherches laborieuses, on a trouvé des récepteurs qui étouffent en partie les courants parasites et qui permettent d'obtenir en tout temps une communication satisfaisante. Il est permis d'espérer

qu'avec des appareils de réception encore plus perfectionnés, on se protègera complètement contre les courants vagabonds en augmentant l'intensité de l'énergie transmise et en réglant convenablement les conditions du trafic.

L'emploi de l'éther comme conducteur commun ne va pas sans soulever d'incroyables difficultés : on se trouve parfois dans la situation d'un locataire dont les voisins mélomanes semblent s'entendre pour employer simultanément l'air comme agent de propagation des ondes sonores issues de leurs instruments. Le plaisir qu'aurait le locataire à entendre la musique se trouve notablement réduit par ces bruits d'interférence, par ce « brouillage » dirait un radiotélégraphiste ! Une émission à la même fréquence et un dispositif de sélection sont les remèdes qui se présentent immédiatement à l'esprit en pareil cas. En radiotélégraphie, on tend à utiliser des émissions le plus possible monochromatiques ; au poste récepteur on fait en sorte de recevoir exclusivement les ondes de fréquence radiotélégraphique. Dans l'ensemble, cette méthode est très satisfaisante ; elle permet d'exploiter un nombre relativement considérable de communications qui interfèrent mutuellement. Outre la sélection des fréquences qui s'effectue de plusieurs manières, on a recours à la sélection directionnelle. Ce dernier procédé consiste dans l'emploi d'antennes spéciales qui, au poste récepteur, captent plus facilement les signaux en provenance d'une ou plusieurs directions déterminées. Bien que ce procédé soit encore dans l'enfance, il permet de réduire sensiblement les troubles par interférence. La réception dirigée est d'une grande utilité pratique, notamment pour guider les navires en temps de brume ou d'orage ; on se sert pour cela d'un « radiocompas ou d'un « avertisseur » radiotélégraphique (« radio beacon »). Dans le premier cas, le récepteur goniométrique se trouve à terre ; deux stations côtières (ou plus de deux stations, suivant le cas) reçoivent les signaux du navire et, par triangulation, trouvent sa position qu'ils lui font ensuite connaître. Dans le second cas, le récepteur se trouve à bord du bateau ; le capitaine calcule sa position après s'être repéré sur deux stations côtières qui transmettent continuellement (ou par intermittence), leurs indicatifs particuliers.

La construction de ce que nous appellerons les « circuits radiotélégraphiques de raccordement » est possible pratiquement ; elle ne soulève pas de difficultés insurmontables. D'autre part, la transmission de signaux d'appel, qui permet à l'opérateur de ne pas rester en permanence sur écoute, à bord des navires par exemple, n'en est qu'à ses débuts. Jusqu'ici l'obligation de rester sur écoute ne constitue pas un inconvénient sérieux pour la raison suivante : une liaison transocéanique fonctionne presque sans arrêt ; la présence des opérateurs est indispensable à toute heure de la journée ; d'autre part, en ce qui concerne les stations maritimes, il est bon qu'un opérateur soit en permanence sur écoute afin d'entendre, le cas échéant, les signaux de détresse, les observations météorologiques, avis de tempête, etc..... Toutefois, à la longue, l'invention d'un dispositif d'appel efficace et sûr, utilisable sur les communications non dirigées, pourra prendre une plus grande importance.

Lorsque deux personnes sont en conversation, l'échange des demandes et des réponses se fait facilement par ondes sonores non dirigées à travers l'air ambiant. Il n'en est plus de même pour une communication électrique. Le fonctionnement duplex suppose que deux trains de signaux, circulant en sens contraire, pourront être lancés en même temps sans occasionner d'interférence mutuelle. Il faut donc prévoir deux transmetteurs et deux récepteurs qui influent les uns sur les autres seulement deux à deux. En radiotélégraphie, le système duplex fonctionne bien ; on l'utilise surtout dans le service transocéanique. Dans les services maritimes, les usagers se contentent généralement de transmettre à tour de rôle ; les opérateurs mettent leur installation sur écoute et sur transmission alternativement. Le rendement d'un circuit se trouve plus que doublé lorsqu'on substitue le système duplex au système alterné, car alors la correction des erreurs est possible immédiatement et la répartition du trafic se fait plus facilement aux deux postes correspondants. Il est bon de rappeler qu'une communication non seulement *duplex* mais ***multiplex*** est possible aujourd'hui avec une fréquence simple, grâce aux appareils modulateurs pour fréquences radiotéléphoniques et pour hautes fréquences ; c'est-à-dire qu'un courant porteur à haute fréquence est modulé par un courant de fréquence

téléphonique ; à l'arrivée les courants sont séparés ; on établit une discrimination entre l'onde à haute fréquence et le courant modulateur de fréquence moins élevée. En opérant ainsi, on augmente les propriétés sélectives des postes récepteurs. Bien que ce système remédie à certaines difficultés et présente un caractère d'utilité incontestable, nous ne croyons pas qu'il contribue à relever notablement la capacité de l'éther considéré comme agent de liaison électrique.

Reprenons les problèmes relatifs aux communications intercontinentales ; en les considérant sous leur aspect le plus vaste, nous constatons qu'on peut imaginer un système idéal qui répondra à tous les desiderata raisonnables. Ce sera une sorte de réseau exploité sans arrêt, débarrassé de tout trouble par interférence. Il sera à la disposition de quiconque sur la terre ; il transmettra la parole sans la déformer ; on utilisera partout quelque « lingua franca », quelque langue universelle. Or, en l'état actuel des choses, ce système est une pure utopie ; le problème est absolument insoluble. Toutefois, il est possible de concevoir un système équivalent qui sera quelque chose de plus qu'une première approximation de notre projet vraiment remarquable. Voyons un peu : imaginons un grand nombre de postes téléphoniques secondaires convenablement situés. Ils seront fixes pour la plupart et seront reliés directement par fil aux centraux téléphoniques ; on peut concevoir en outre l'existence de certains postes secondaires mobiles qui communiquent sans fils avec les réseaux centraux ; les postes mobiles seront à bord des navires, des avions, sur les trains, etc. ; ils pourront être dans certains cas transportés par des individus en déplacement. On admettra que les chefs d'exploitation forestière et autres gens obligés par leur métier à changer fréquemment de résidence se serviront fréquemment d'un poste mobile transportable. Les centraux seront reliés entre eux directement ou indirectement (par fil lorsque la chose sera à la fois plus pratique et plus économique ; sans fil dans les autres cas). La figure 1 correspond à une installation de ce genre ; on y a fait figurer divers postes de deux zones seulement.

Supposons que A (1re zone) désire parler à H (2e zone). Le poste secondaire A est relié par fil au central D de la première zone. De

là les courants de conversation passent en E, central interurbain. E communique avec fil ou sans fil avec F, central interurbain le plus voisin de G, bureau central de la deuxième zone. Si la communication est établie sans fil, ce sont les stations P et Q, commandées par E et F respectivement, qui serviront. De G, la communication est établie directement avec H, poste demandé. En cours de route, les courants de conversation seront amplifiés s'il en est besoin. Si un poste mobile désire bénéficier des facilités offertes par un pareil système, il devra se mettre en communication par téléphonie sans fil avec le poste radio du central urbain ou avec une station intermédiaire

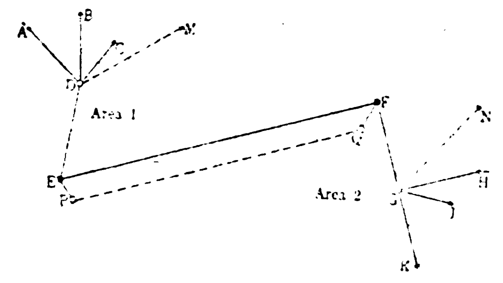


Fig. 1. — Schéma d'un réseau de communications avec et sans fil.

reliée directement à ce central. Par exemple, un voyageur M muni d'un radiotéléphone désire parler, sans quitter le train, à un abonné du réseau. Il demandera sa communication au bureau D. De même le poste mobile N pourra profiter du système en demandant ses communications au central G. On voit que les deux postes mobiles M et N peuvent communiquer entre eux grâce à cette disposition. On se rend facilement compte que les communications entre postes mobiles et entre stations situées de part et d'autre de l'océan seront du type sans fil, et que le reste des communications (c'est-à-dire généralement la majeure partie) sera du type avec conducteurs. L'installation que nous venons de décrire montre comment on peut combiner avec fruit les communications dirigées avec celles qui ne le sont pas; toutefois cette combinaison n'est que l'infime exception : le trafic qu'elle permet d'écouler n'est que peu de chose en comparaison de la totalité du trafic téléphonique normal.

La grande masse des communications est acheminée par fil. Aucun

doute que les circuits métalliques continueront à écouler la majorité des communications surtout dans les régions très peuplées et là où l'on peut augmenter, sans dépenses excessives, le nombre des circuits en prenant les mesures nécessaires pour réduire le plus possible les phénomènes d'interférence mutuelle. Toutefois, la radiotélégraphie a un rôle important à remplir ; c'est l'auxiliaire tout indiqué pour étendre les facilités du service aux navires en mer, aux avions, aux trains, peut-être même aux automobiles, et d'une façon générale aux postes qui ne sauraient être desservis par des conducteurs. Elle jouera le rôle d'avant-garde dans les régions encore vierges ou encore dans les contrées où les obstacles naturels s'opposent à l'établissement des liaisons par fil. On s'en servira avec un avantage marqué pour établir des communications commerciales entre continents séparés par les mers.

Deux exemples suffiront à montrer ce qu'on peut réaliser au moyen des liaisons par conducteurs. C'est d'abord la ligne New York-San Francisco, qui aujourd'hui assure un service commercial excellent entre les villes de l'Est et celles de l'Ouest. C'est ensuite la possibilité d'écouler simultanément 1.200 communications au moyen de câbles à 1.200 paires tels que ceux que les compagnies téléphoniques américaines emploient aujourd'hui et dont le diamètre ne dépasse pas 10 centimètres.

Passons aux radiocommunications et voyons ce qu'elles permettent d'obtenir : 1° le service radiotélégraphique fonctionne entre la côte Est des États-Unis et tous les pays d'Europe ; 2° les services d'information dont peuvent bénéficier tous ceux dont le poste récepteur est sensible aux émissions des postes de transmission. On transmet même de la musique par ce procédé.

Les réseaux à longue distance des pays les plus importants sont équipés comme l'indique la figure 1. En ce qui concerne les réseaux transocéaniques internationaux (réseaux radiotélégraphiques et radiotéléphoniques), on en est simplement au début ; toutefois, les résultats obtenus récemment par l' « American Telephone and Telegraph Cy », qui a organisé le service téléphonique entre l'île Santa Catalina (Pacifique) et la Havane (Atlantique), prouvent combien le problème passionne les chercheurs et fouette l'imagination

des administrateurs prévoyants placés à la tête des diverses compagnies. La communication Catalina-Havane est établie de la façon suivante : liaison par radiotéléphone entre l'île du Pacifique et Los Angelès (Californie) ; lignes aériennes transcontinentales jusqu'à Key-West (Floride) ; câble téléphonique Key-West-La Havane. Le Dr. J. J. Carty dit que l'établissement de cette communication

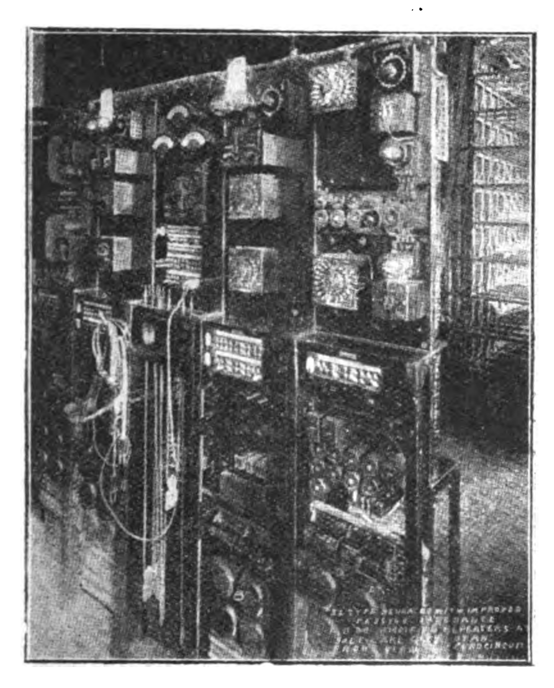


Fig. 2. — Répéteurs installés sur les circuits téléphoniques à Salt Lake City (Utah) par l'« A. T. and T. Cy. »

présentait les mêmes difficultés que celui d'une liaison directe Londres-Pékin ou encore New-York-Buenos-Aires. Nous supposons que pendant longtemps l'humanité admettra qu'un système qui se rapproche le plus possible du système de communications intercontinentales dont nous avons parlé plus haut, est à la fois satisfaisant pour les ingénieurs et les experts commerciaux les plus ambitieux... Même sans les postes mobiles M et N, un réseau donnera toute satisfaction à condition qu'on multiplie les postes secondaires A, B, C, etc., au fur et à mesure des besoins et en choisissant judicieusement leur emplacement.

Les postes téléphoniques urbains (B et J, fig. 1) existent en grand nombre dans la plupart des réseaux du monde. Aux États-Unis, ce nombre atteint 12.600.000; les circuits qui relient les postes entre eux ont une longueur totale de 40.870.000 km.; on y écoule chaque année plus de 11 billions de messages. Il existe aux États-Unis un téléphone par 9 habitants, ou environ 4 téléphones par mile carré

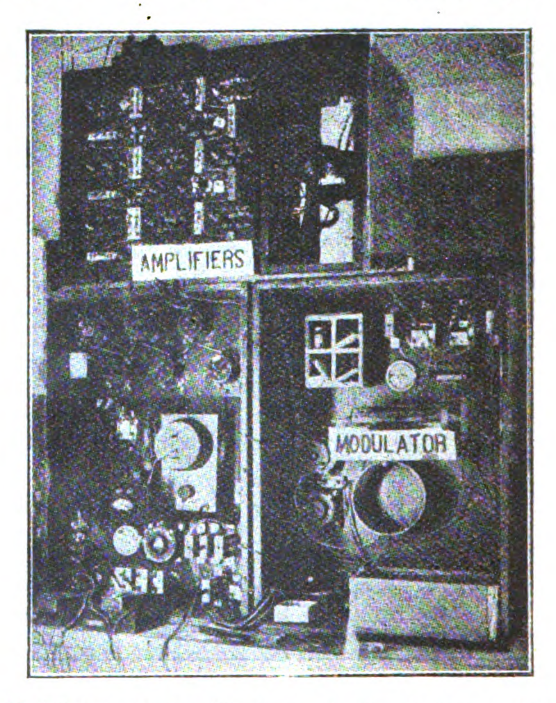


Fig. 3. — Modulateur et amplificateurs de la station radiotélégraphique d'Arlington (Virginie).

(2 km² 60) pour toute la superficie des divers États en y comprenant les régions inhabitables. Lorsqu'on pense que le réseau Bell dessert 70.000 villes et villages, il est naturellement permis de dire que nous approchons du jour où le service téléphonique pourra être qualifié d'*universel*. Certains organes d'un réseau aussi vaste que le réseau Bell méritent de retenir un moment l'attention. Les circuits rayonnent dans toutes les directions à partir des centraux interurbains des villes importantes. La pupinisation des lignes supprime les effets de distorsion. De place en place, les courants affaiblis sont amplifiés

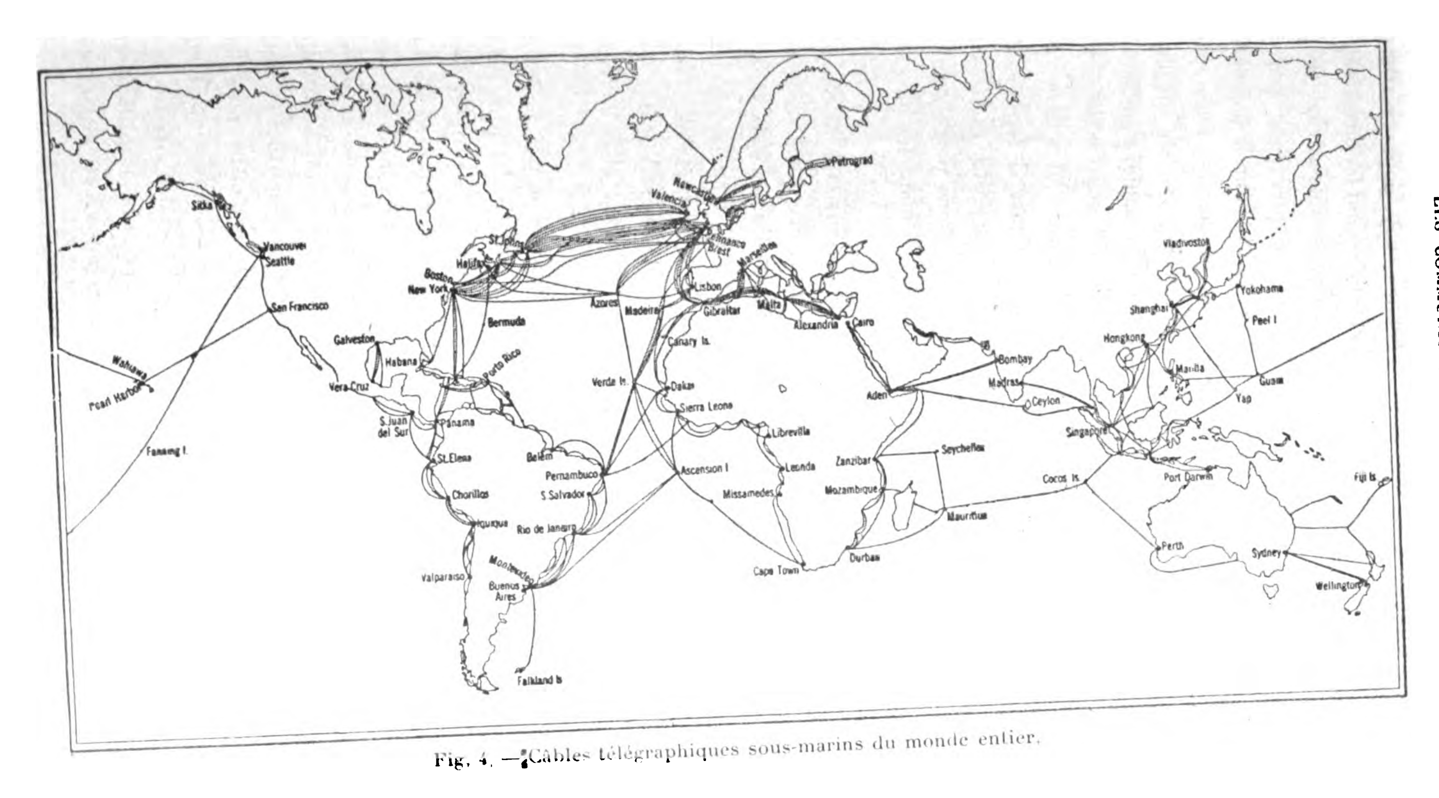


Fig. 4. — Câbles télégraphiques sous-marins du monde entier.

automatiquement au moyen de répéteurs (voy. figure 2). On peut relier entre eux directement et automatiquement les circuits aériens et les conducteurs des câbles téléphoniques sous-marins. On peut encore employer des postes radiotéléphoniques pour prolonger les circuits des réseaux aériens. Tel est le cas pour la liaison Santa Catalina-Los Angelès. Non seulement le service télégraphique réversible (duplex) est possible sur les circuits renfermant des sections sans fil, mais rien n'est changé dans la manière de demander et d'établir la communication. C'est ainsi qu'il est possible de transmettre les appels sur la portion sans fil, lorsqu'on a besoin d'une communication par son intermédiaire. La figure 3 représente les organes d'amplification et de modulation du poste radiotéléphonique d'Arlington qui reprend les conversations originaires des circuits aériens de l' « A. T. and T. Cy » pour les diriger sur Hawaï et sur Paris.

Il est évident qu'à l'avenir les communications sans fil compléteront les communications par fil ; celles-ci serviront sur terre (communications urbaines, suburbaines, interurbaines), sauf dans des cas spéciaux, par exemple lorsqu'il s'agira de franchir de larges étendues d'eau ou lorsqu'on ne pourra franchir certains obstacles naturels ou enfin lorsque les postes destinataires seront des postes mobiles ; celles-là serviront dans des cas spéciaux et pour les services d'information.

L'importance et la qualité des communications par fil ont été développées au point de constituer un des progrès les plus remarquables de la science pure et de la technologie ; les progrès continuent dans le sens d'une meilleure utilisation des moyens dont on dispose actuellement. L'emploi des câbles multiples modernes met les conducteurs à l'abri des troubles atmosphériques et permet d'écouler simultanément un grand nombre de communications sans qu'on ait à souffrir des troubles par interférence mutuelle. Grâce aux circuits combinés, chaque circuit peut transmettre plus d'un message sans qu'il se produise de phénomènes d'induction. L'emploi des courants porteurs augmente le rendement des circuits bifilaires. Grâce aux bobines de charge et aux répéteurs (amplificateurs à lampes), la portée des transmissions commerciales a été augmentée

au delà de toute espérance. De plus, les opérateurs spécialisés sont remplacés par des appareils automatiques. En téléphonie, le commutateur automatique est appelé à remplacer les opératrices ; en télégraphie terrestre les appareils imprimants réduisent considérament le nombre des messages transmis manuellement et reçus au son.

Au point de vue de l'exploitation du moins, la combinaison des systèmes avec et sans fil, est une éventualité riche de promesses. Comme nous l'avons montré plus haut, les deux systèmes se complètent mutuellement ; ils rendent de bien meilleurs services lorsqu'on les utilise chacun suivant sa nature même. En ce qui concerne les facilités et le bon marché du service, les systèmes avec fil sont appelés à se développer continuellement sur terre; pourtant, il n'est pas douteux que les communications radiotélégraphiques sont appelées à jouer là un rôle vraiment utile qui ne cessera de prendre de l'importance. Quant aux communications sous-marines, on admet que, pendant longtemps encore, les câbles et les liaisons radiotélégraphiques se compléteront mutuellement dans leur propre intérêt et avec tout avantage pour le public. Il n'existe aucun champ d'activité où la collaboration des divers systèmes soit plus importante que dans le domaine des communications universelles.

Le réseau mondial de câbles sous-marins représenté sur la figure 4 montre que beaucoup a été fait, mais qu'il reste pas mal à faire pour doter tous les pays de liaisons directes avec les autres. On remarquera que l'Europe et l'Amérique du Nord sont les centres d'où rayonnent les câbles ; l'Amérique du Nord est fière de posséder le plus grand nombre de câbles transocéaniques : il n'en existe pas moins de 17 dans l'Atlantique du Nord. D'autre part, l'Amérique du Sud, l'Afrique et l'Australie possèdent moins de câbles et les communications sont moins directes. On est en train d'améliorer notablement les communications avec l'Amérique du Sud. Tandis qu'un grand nombre de câbles ont été posés pour répondre à des buts commerciaux et financiers, il en est d'autres qui ont été placés dans un but nettement militaire ou stratégique. L'étude minutieuse des cartes et des statistiques indique que l'Angleterre occupe la première place. Cela tient en partie aux besoins de l'Empire britan-

nique ; en partie à l'expérience acquise par les Anglais dans la science de la construction des câbles ; en partie aussi à ce qu'ils possédaient

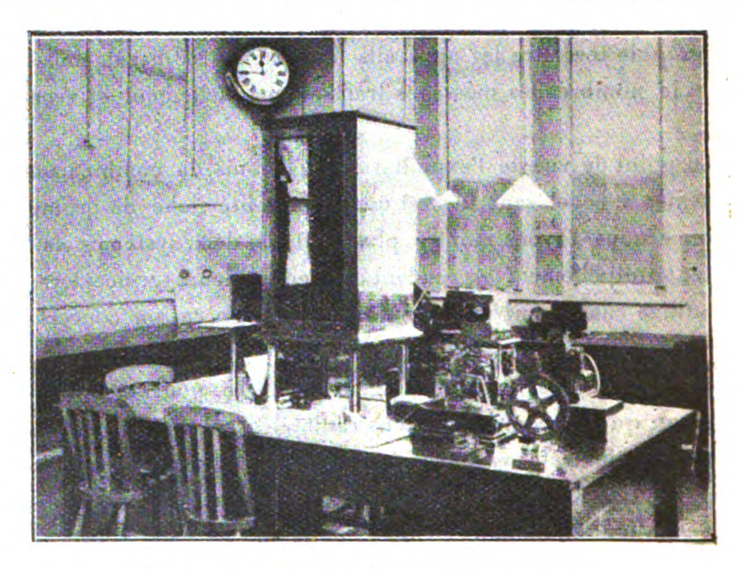


Fig. 5. — Type perfectionné de siphon recorder.

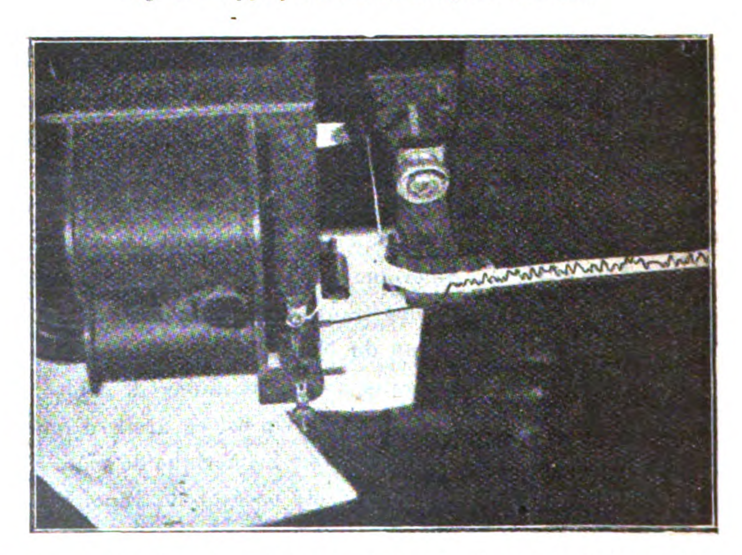


Fig. 6. — « Baby Recorder » de la « Central et South America Telegraph C° ».

des stocks considérables de gutta-percha pure; et enfin, c'est la récompense d'une politique prévoyante en matière de communica-

tions sous-marines, appropriées aux besoins de l'Empire. Remarquons que les Américains prennent de l'avance sur ce terrain et qu'ils s'attachent surtout à améliorer les communications avec l'Extrême-Orient.

C'est souvent dans des régions ignorées de la civilisation qu'on trouve les centres d'où partent les communications qui desservent les pays les plus peuplés. C'est dans ces postes que sont logés les appareils délicats qui servent à déchiffrer les messages après qu'ils ont franchi l'Océan. Outre les appareils de transmission et de récep-

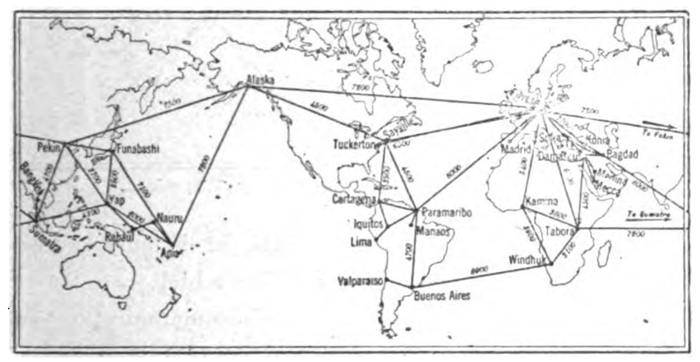


Fig. 7. — Projet allemand de 1913.

tion proprement dits, on trouve dans les stations modernes nombre d'organes auxiliaires. La figure 5 représente le recorder à siphon de Penzance, qui enregistre sur bande les signaux émis par l'opérateur du poste de départ.

La figure 6 représente un appareil moderne de l' « All America Cables, Incorporated » qui sert à recevoir les câblogrammes. L'opérateur lit les signaux sur la bande, les traduit mentalement et imprime les câblogrammes sur une machine à écrire. Le contrôle à la transmission s'effectue de la même manière à l'aide d'un enregistreur auquel on a donné le nom de « baby recorder ». Lorsqu'on transmet à grande vitesse, il faut plusieurs opérateurs pour traduire les signaux de la bande de chaque enregistreur ; un système ingénieux permet à chaque opérateur de passer à son voisin le message qu'il n'a pas pas eu le temps de déchiffrer.

Si compliqués que soient les appareils au point de vue électrique

et mécanique, si prosaïque que soit la tâche quotidienne de ceux qui les desservent, l'imagination la moins vive ne peut manquer d'admirer cette conquête grandiose et pacifique de l'espace ; chacun reconnaîtra la force d'âme, le génie des précurseurs, qui ont rendu

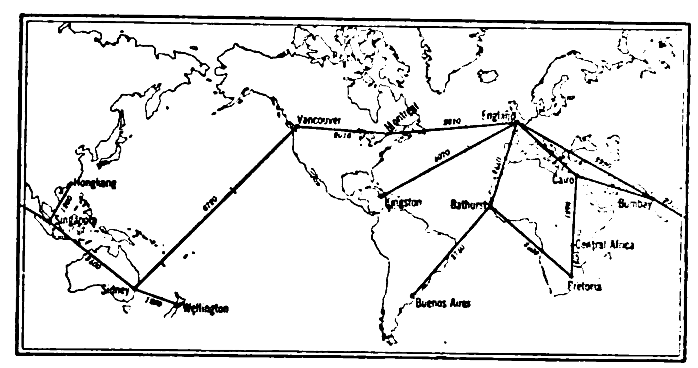


Fig. 8. — Projet anglais de 1913.

possibles les communications par câbles, et de leurs successeurs, qui les ont amenées au degré de perfection actuel.

Un certain nombre de projets de radiocommunication ont été

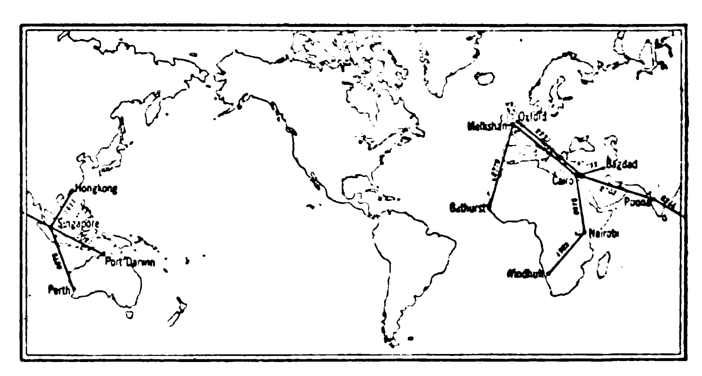


Fig. 9. — Projet anglais de 1919. Réseau impérial radio.

ébauchés jadis ; plusieurs sont en voie de réalisation aujourd'hui. Le plus ancien en date est représenté sur la figure 7 où les distances sont indiquées en kilomètres. Il s'agit de l'ambitieux projet allemand de 1913 ; il répond à des considérations d'ordre militaire et commercial à la fois. Si l'on tient compte de la puissance des appareils de transmission et de la sensibilité des appareils de réception

à l'époque, on voit que, sur les plus longues distances, le service ne pouvait être assuré qu'à de faibles vitesses et seulement par intermittence ; on remarque aussi que chaque station desservait plusieurs communications à tour de rôle. Ce genre de service convient mieux à des buts de propagande ou d'information qu'à des fins commerciales, qui supposent l'emploi des grandes vitesses. Ce projet était en voie de réalisation lorsqu'éclata la guerre qui devait le ruiner définitivement.

La figure 8 représente le premier des projets anglais tendant à

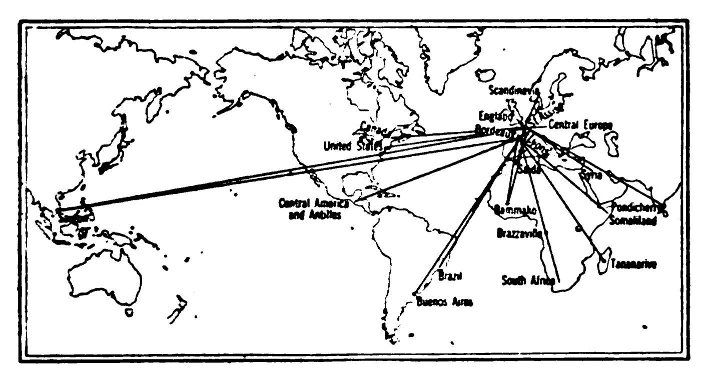


Fig. 10. — Projet français.

la réalisation d'un réseau de communications radiotélégraphiques, ce qu'on a appelé l' « All-Red Chain ». Il date de 1913 ; c'est le plan que la compagnie anglaise Marconi a soumis pour approbation au gouvernement anglais. Il avait été adopté ; les travaux étaient en cours lorsque la guerre survint. Les changements qui en résultèrent firent interrompre les travaux d'exécution et provoquèrent d'assez sérieux conflits entre le gouvernement britannique et la compagnie Marconi. Par la suite, la compagnie obtint en partie gain de cause et fut indemnisée pour les pertes qu'elle avait subies du fait de la résiliation du contrat. Le projet prévoyait deux liaisons entre l'Angleterre et l'Australie avec deux relais seulement. Toutes les liaisons étaient à longue portée. Londres était le centre d'où partaient la plupart des communications.

En 1919 et 1920, une commission fut chargée par le Gouvernement anglais de reviser le projet de réseau impérial ; elle adopta le

projet moins ambitieux représenté sur la figure 9. Cette fois l'hémisphère oriental est sensiblement négligé ; Londres n'est plus reliée directement (sans relais) avec les points les plus éloignés ; les portées sont en moyenne plus courtes, et les postes extrêmes ont été choisis en tenant compte des considérations d'ordre commercial exclusivement. Ce réseau appartiendra au gouvernement anglais qui l'exploitera lui-même ; on peut juger d'après cela de la nature du projet en voie de réalisation, mais qui n'est pas très avancé jusqu'ici.

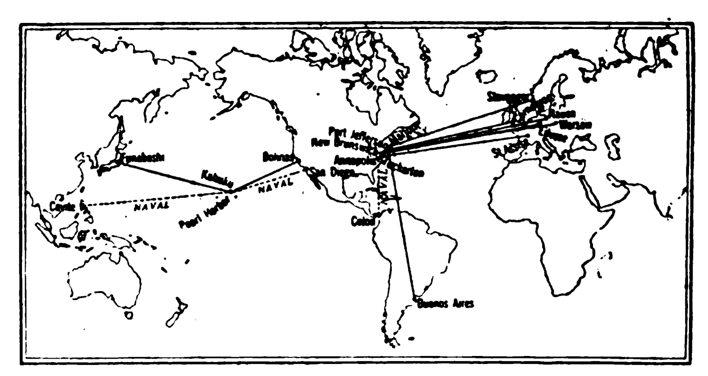


Fig. 11. — Projet américain.

Un plan français vraiment ambitieux est représenté sur la figure 10. Celui-ci ne s'inspire pas non plus de considérations d'ordre purement commercial. De plus, il est clair que les postes français travailleront avec plusieurs stations correspondantes à tour de rôle et qu'on se propose d'utiliser des portées très longues. Plusieurs stations sont terminées, mais le plus grand nombre est en cours d'installation. Dans un avenir prochain, ce plan sera nécessairement remanié en partie. Il est assez curieux que le projet français actuel (comme l'ancien projet allemand) attache plus d'importance que le projet anglais aux communications avec l'Amérique du Sud.

Le projet américain (figure 11) diffère des précédents à plusieurs points de vue très importants. Tout d'abord, *toutes les stations* indiquées sur la figure sont soit en service soit en construction ; celles qui fonctionnent déjà sont les plus nombreuses. En outre, pour une raison de clarté, les extensions projetées de ce réseau n'ont pas été indiquées sur la carte ; leur nombre est sensiblement égal à

celui des communications signalées. D'autre part, ce plan est de nature éminemment commerciale tant par le choix de l'emplacement des postes extrêmes que par la nature du service, chacune des stations américaines ne correspondant qu'avec une seule autre station. Cette disposition favorise l'écoulement d'un trafic intense ; il permet d'éviter les retards qui ne peuvent manquer de se produire lorsqu'une station ne dispose que de quelques heures dans la journée pour correspondre avec divers postes récepteurs. On a adopté des portées moyennes et longues en raison de la situation géographique des Etats-Unis, de leurs besoins particuliers et de l'absence de possessions américaines dans certaines régions. Les besoins des États-Unis ont agi comme stimulant sur les perfectionnements apportés aux communications radiotélégraphiques ; ils ont aidé à trouver une solution satisfaisante au problème des communications à longue distance par sans fil. Ceci montre que les difficultés naturelles constituent parfois un aiguillon salutaire.

En l'état actuel des choses, il serait prématuré d'assigner un rôle à la télévision et à la téléstéréotypie dans l'histoire des communications intercontinentales. Par télévision, on entend le transfert d'une image ou d'un portrait d'un lieu à un autre autrement qu'avec le concours des ondes lumineuses. Il existe deux sortes de télévision ; l'instantanée et la différée. Dans le cas de la télévision instantanée, l'image visible à la réception correspond à celle du poste d'émission et pratiquement au même moment que la transmission s'effectue. Ce procédé permettrait en général de recevoir des vues cinématographiques. On a obtenu des résultats satisfaisants avec des clichés monochromatiques représentant des objets simples et en réglant l'éclairage d'un petit nombre d'éléments d'image affectant la forme de carrés. Toutefois ces résultats n'autorisent pas à conclure que ce système présente une réelle valeur pratique. Dans le cas de la télévision différée, l'image est décomposée en traits ou éléments linéaires qui sont transmis sur le circuit, par séries d'après leur luminosité, au moyen d'une installation qui permet de réaliser le synchronisme parfait entre l'appareil transmetteur et l'appareil récepteur. La plupart de ces systèmes sont basés sur l'emploi de substances très sensibles aux ondes lumineuses, telles que le sélé-

nium. On peut aussi transmettre des photographies en les décomposant en un petit nombre d'éléments et en transmettant une sorte de message chiffré s'adaptant exactement au degré de luminosité de chaque élément. Ce procédé est naturellement très lent ; on nous a dit qu'il avait fallu trois heures pour transmettre d'Amérique en Europe une photographie peu compliquée ; ajoutons toutefois que cette méthode dispense de recourir à des appareils transmetteurs et récepteurs spéciaux. A part la transmission de la photographie des criminels recherchés par la justice et certaines applications toutes militaires, il ne semble pas que le champ utile de la télévision soit très étendu ; nous ne croyons pas que les progrès dans cette branche de la science soient très rapides. De même pour la téléstéréotypie ou reproduction des corps solides sous leurs trois dimensions. En réalité, la téléstéréotypie est encore dans l'enfance ; c'est un problème intéressant et certains chercheurs ont déjà suggéré plusieurs méthodes générales qui permettront de trouver la solution.

D'autre part, la télégraphie imprimée est d'un intérêt plus immédiat et plus général. Les différents procédés employés jusqu'ici consistent à transmettre des signaux spéciaux différents de ceux du code Morse ; à l'arrivée ces signaux actionnent des appareils imprimants (machines à écrire ou autres) ; la transmission peut se faire avec fil ou sans fil. Tantôt la réception s'effectue sur bandes, tantôt en pages. Dans ce dernier cas, il existe des signaux spéciaux, « espacement » et « à la ligne » qui sont envoyés en temps opportun et qui produisent l'effet voulu, à la réception. Dans le cas de systèmes télégraphiques imprimants, disons même pour tous les appareils rapides, la transmission s'effectue au moyen de bandes préalablement perforées à la main ou à l'aide d'une machine perforatrice, ces bandes passant ensuite dans un transmetteur rapide Wheatstone ou dans tout autre transmetteur automatique. Si l'on perfore les bandes avec soin, la transmission automatique est plus régulière, moins sujette à erreur que la transmission manuelle.

On a reconnu depuis longtemps que le trafic entre deux pays n'est pas réparti uniformément sur les vingt-quatre heures ; il varie aussi suivant le jour de la semaine, la date du mois, le mois de

l'année. Il existe des « pointes » et des « creux » de trafic ; c'est ainsi que le trafic sera particulièrement intense pendant la journée avant que la nuit tombe sur les deux pays ; il diminuera considérablement pendant le « week end ». Pour des raisons d'économie de matériel et de personnel, il n'est pas toujours possible d'éviter l'encombrement aux heures pleines. C'est pourquoi on a pensé à éviter la congestion des circuits en proposant à certains usagers de différer la transmission de leurs messages qui bénéficieraient de

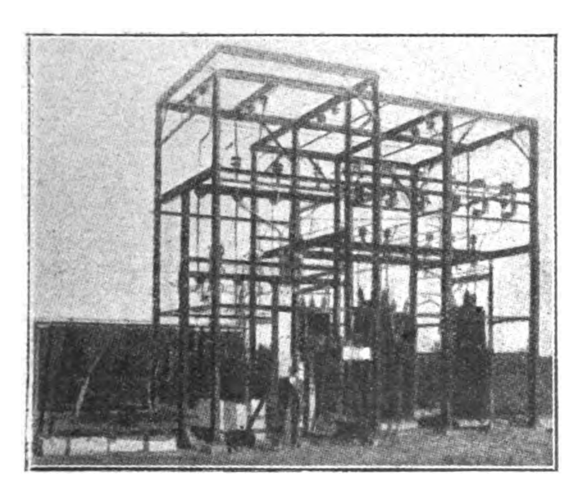


Fig. 12. — Sous-station en plein air du central radiotélégraphique de Long Island (New York).

tarifs réduits. De là vient qu'outre les télégrammes ordinaires, nous voyons les télégrammes différés qui sont transmis dès que le trafic à plein tarif a été écoulé. Les « lettres-télégrammes » sont transmises de nuit et le samedi soir ; de cette façon on utilise judicieusement les circuits pendant les heures de calme. Sur certains circuits, on accepte les messages « urgents » transmis par priorité moyennant payement d'une triple taxe. D'une façon générale, il vaut mieux que les catégories de messages soient peu nombreuses non seulement pour éviter des confusions dans la transmission et des complications, mais surtout parce que le public ne se rend pas toujours bien compte à l'avance de la nature du service rendu à plein tarif et à tarif réduit ; on se bornera à adopter les catégories qui suffiront à alimenter raisonnablement les circuits.

Les photographies ci-contre, qui représentent certains postes et divers appareils de la « Radio Corporation of America », donneront une idée des installations nécessaires à la transmission et à la ré-

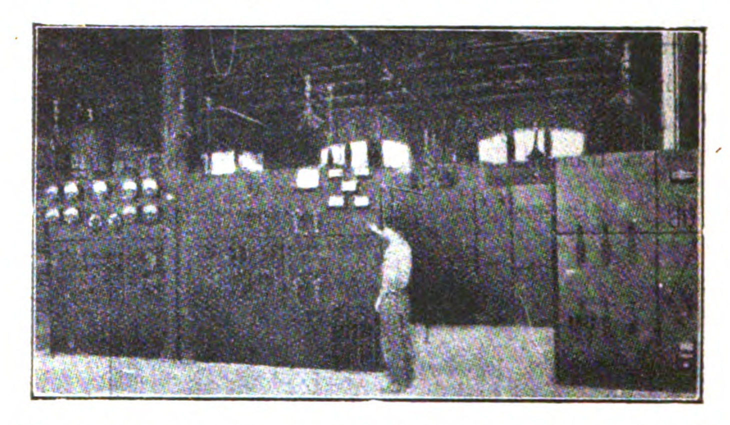


Fig. 13. — Tableaux de commande. Central radiotélégraphique de Long Island.

ception des radiotélégrammes. L'énergie nécessaire pour actionner les grands transmetteurs est fournie par une sous-station (voy.

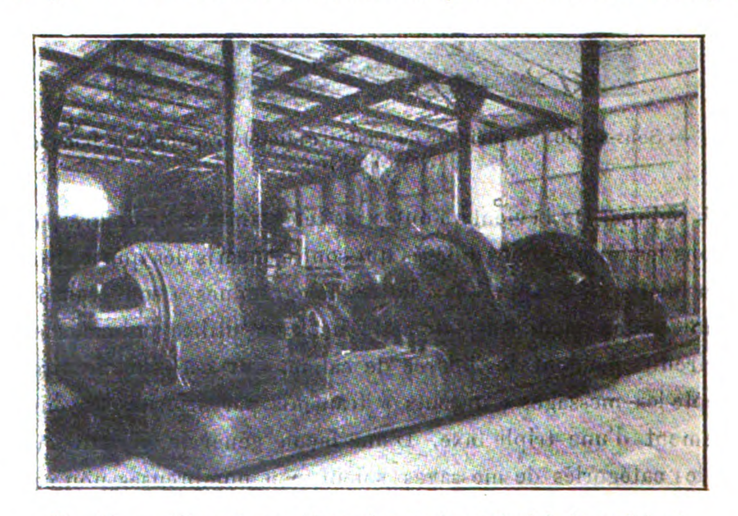


Fig. 14. — Alternateurs Alexanderson du central de Long Island.

fig. 12). Des tableaux de commande fort complexes (fig. 13) permettent de régler les centaines et même les milliers de kilowatts nécessaires à la station. On arrive ensuite aux puissants générateurs

qui produisent les centaines de kilowatts d'énergie à haute fréquence. La figure 14 représente les deux alternateurs Alexanderson

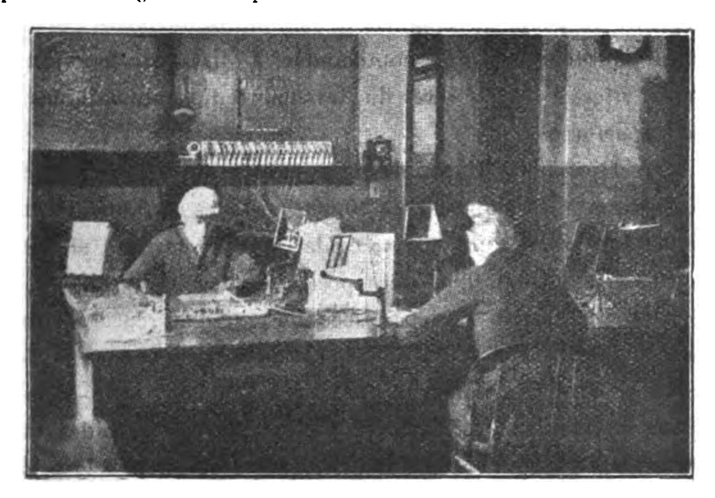


Fig. 15. — Poste télégraphique de commande à distance d'un transmetteur radiotélégraphique à grande puissance.

qui sont déjà installés à la station radiotélégraphique de Long Island. Ces machines sont le fruit de recherches laborieuses qui ont

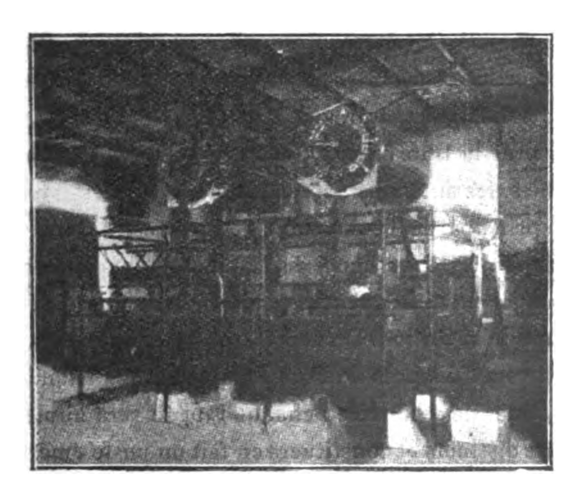


Fig. 16. — Amplificateurs du central radiotélégraphique de Long Island.

porté sur plusieurs années ; elles constituent les échantillons les plus remarquables de ce que la technique moderne est arrivée à

produire. La fréquence des courants produits par les deux alternateurs sera de l'ordre de 20.000 périodes par seconde. La figure 15 représente un poste de commande manuelle à distance. Lorsque la station radiotélégraphique commandée à distance fonctionne à grande vitesse, on se sert de transmetteurs automatiques avec bandes perforées.

Ce n'est pas un petit problème que de commander des centaines de kilowatts à la fréquence de 20.000 périodes en transmettant des points et des traits à une vitesse égale ou supérieure à 100 mots par minute, car il s'agit d'interrompre et de fermer le circuit, avec précision, cinquante fois par seconde ; si l'on réfléchit que ces énergies énormes sont commandées par les quelques watts débités par les postes télégraphiques extrêmes, ont voit quelle est la complexité du problème. L'invention des relais extra-rapides et celle des nouveaux amplificateurs magnétiques a solutionné le problème d'élégante façon. La figure 16 représente les amplificateurs magnétiques de la station de Port Jefferson. Ces appareils ferromagnétiques assurent une modulation parfaite des courants d'alternateurs, appliqués aux antennes. Les courants d'antenne sortent du poste en suivant des conducteurs munis d'isolateurs spéciaux. Les stations modernes rappellent plutôt une usine génératrice de moyenne puissance ; celles construites il y a dix ans seulement ressemblaient plutôt à de petits laboratoires de physique !

Pour assurer la transmission, à travers l'Océan, d'énergies aussi considérables, les antennes doivent être très élevées et très étendues. Le pylône principal de Tuckerton a 250 mètres. A New Brunswick, une rangée de pylônes hauts de 120 mètres, supportant l'antenne accordée sur diverses fréquences (« multiple tuned »), s'étend jusqu'à 1.800 mètres de la station. On doit élever au nouveau central radio de New York, construit près de Port Jefferson (Long Island), douze rangées de pylônes de ce modèle ; chaque rangée sera alimentée par des alternateurs distincts et constituera en fait un poste émetteur distinct avec antenne propre s'étendant sur une longueur de 2 km. 500 environ à partir de la station. Lorsque cette station sera terminée, elle sera de beaucoup la plus forte du monde ; sa superficie totale atteindra 25 kilomètres carrés.

Depuis quelques années, les appareils récepteurs ont été notablement perfectionnés. Chaque appareil peut desservir une communication transocéanique ; les divers organes sont groupés dans un

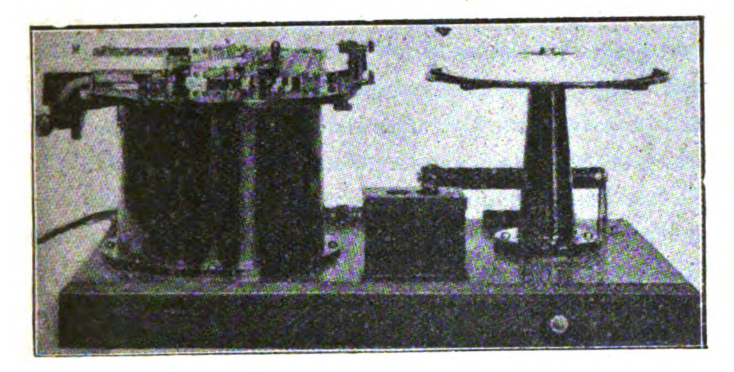


Fig. 17. — Enregistreur imprimant pour signaux radiotélégraphiques.

coffre protégé de façon spéciale. Chaque opérateur dispose d'une clé télégraphique pour commander l'appareil transmetteur du circuit correspondant et pour interrompre au besoin la transmission lorsqu'il

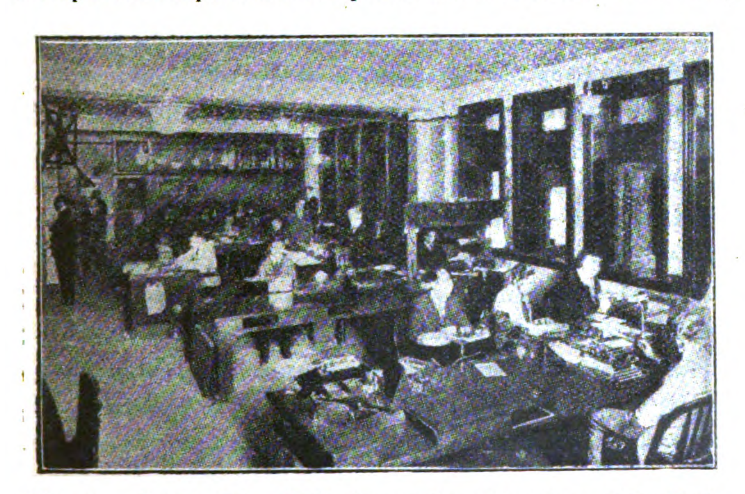


Fig. 18. — Bureau de la « Radio Corporation of America » à New York.

y a lieu de procéder à une rectification ou de demander un renseignement au poste d'émission. Il est arrivé quelquefois qu'on recevait les messages sur un phonographe spécial lorsqu'il y avait lieu d'accélérer la réception ; les rouleaux étaient lus ensuite par plusieurs

opérateurs qui les faisaient tourner à une vitesse réduite. Cette méthode a été remplacée par d'autres plus modernes, grâce à l'invention d'enregistreurs imprimants construits spécialement pour la réception radiotélégraphique. La figure 17 représente un enregistreur de ce genre. La figure 18 représente la salle d'opération de Broad Street à New York : on y voit plusieurs enregistreurs.

Les 72 pylônes de la station centrale radiotélégraphique de New York, s'étendent sur une longueur qui est approximativement la moitié de Long Island. Il est regrettable que l'œil humain ne puisse voir les ondes rayonnées par cette puissante station. Si elles étaient visibles, les pulsations des traits et points envoyés par les douze antennes produiraient sur l'œil de l'observateur le même effet que si l'ensemble de l'installation était la proie d'un immense incendie.

Ainsi que nous l'avons déjà dit, dans tout projet important de communication mondiale, les liaisons avec et sans fil doivent se venir en aide mutuellement. Les lignes et câbles aériens ont fait leurs preuves, mais la radiotélégraphie, bien qu'encore à ses débuts, s'est imposée en tant qu'organe essentiel d'un réseau de communications vraiment universel. A l'heure actuelle, 15 °/₀ du trafic américain est écoulé par sans fil à travers l'Atlantique ; c'est déjà un résultat qui permet d'espérer mieux par la suite. Si les administrateurs des diverses compagnies se décident à collaborer étroitement et intelligemment entre eux, on peut espérer voir enfin résolu le problème qui consiste à doter les différents peuples de moyens de communication rapides et sûrs. Fort heureusement, rien n'empêche matériellement les experts de connecter entre eux les circuits métalliques et les circuits radiotélégraphiques. Les radiotélégrammes et les conversations radiotéléphoniques peuvent être retransmis automatiquement sur les circuits métalliques. Inversement, on peut se servir des signaux télégraphiques et téléphoniques pour commander les transmetteurs radiotélégraphiques et radiotéléphoniques. En sorte qu'on peut étendre un réseau de conducteurs au moyen de relais pour circuits métalliques. Ce procédé d'interconnexion peut être développé pratiquement autant qu'on le veut ; il constitue un des principes de base des réseaux futurs sous réserve d'entente entre compagnies comme nous l'avons dit plus haut. Le procédé est déjà employé en

petit en Amérique : les messages européens, reçus par la « Radio Corporation of America » à Long Island et à New Jersey, sont retransmis automatiquement au bureau de New York (Broad Street) où ils sont reçus au son dans le cas d'une transmission manuelle c'est-à-dire lente, et sur enregistreurs imprimants dans le cas d'une transmission automatique rapide. La possibilité de faire passer les conversations téléphoniques d'un circuit métallique sur une communication sans fil et vice versa a été démontrée avec plein succès par la mise en service du circuit radiotéléphonique interurbain Los-Angelès-Avalon et, en outre, au cours des essais de radiotéléphonie entre la terre et le navire *Gloucester*. Au Japon des essais ont eu lieu également qui prouvèrent qu'on pouvait prolonger les réseaux de conducteurs au moyen des communications sans fil, ce qui permet aux abonnés de l'intérieur de correspondre, en cas de besoin, avec des personnes embarquées.

Certains pays (les Etats-Unis, par exemple) sont, en raison de leur position géographique, tout indiqués pour servir de *relais* pour les communications intercontinentales. Les communications entre l'Europe d'une part, l'Amérique du Sud et l'Extrême-Orient d'autre part passent par les États-Unis. L'énergie nécessaire pour franchir une distance déterminée augmente beaucoup lorsque les portées ont plusieurs miles ; c'est pourquoi il est avantageux de prévoir des postes à relais, qui recevront les messages à destination de l'Amérique du Sud et de l'Extrême-Orient et les retransmettront dans ces pays, soit automatiquement, soit autrement.

Certains ingénieurs ont mis en doute la capacité de rendement de l'éther considéré comme agent propagateur des communications à longue distance. En ce qui concerne la télégraphie sans fil, on peut calculer cette capacité sans trop de difficultés. Supposons qu'on transmette les points et traits en cadence par ondes entretenues non modulées. Dans ces conditions, et en tenant compte des deux gammes résultant de la transmission réelle, on a trouvé qu'une vitesse de 100 mots (ou 500 lettres) par minute correspond à l'occupation dans l'éther d'une gamme de fréquences d'une étendue de 100 périodes environ. Ceci, à condition que la fréquence du générateur demeure constante pendant le temps que dure la transmission.

Supposons que le récepteur soit doué de propriétés sélectives suffisantes pour exclure tous les signaux dont la fréquence est située en deçà ou au delà de cette bande de 100 périodes. Dans ces conditions, nous pourrons dire, grosso modo, qu'il sera possible de transmettre un mot par minute sur chaque période/seconde des fréquences de l'éther dont on dispose. (Remarquons qu'une correction s'impose par suite de la transformation des mots « théoriques », formés de cinq caractères, en mots réels qui sont vraiment taxés ; mais, dans la discussion générale que nous poursuivons, on peut négliger cette correction). Supposons encore que les longueurs d'ondes soient comprises entre 6 et 40 kilomètres (ce qui n'est pas rare aujourd'hui) ; nous aurons une bande de fréquences éthériques comprises entre 50.000 et 7.500 périodes par seconde, soit en tout 42.500 périodes. En conséquence, nous pourrons finalement transmettre au moins 42.500 mots par minute sur de longues distances, soit donc 61.200.000 mots par jour. En réduisant les troubles atmosphériques, nous pourrons utiliser des longueurs d'ondes inférieures à 6.000 mètres ; si alors nous éliminons une des bandes latérales provenant de la transmission et si nous admettons qu'il est possible d'utiliser la même longueur d'onde pour transmettre à divers postes (ceux-ci étant pourvus d'appareils pour réception dirigée), nous augmenterons considérablement la capacité utile de l'éther. A titre d'indication, nous dirons que 61.200.000 mots par jour représentent environ 150 fois le trafic actuellement écoulé sur câbles et par radiotélégraphie d'une rive à l'autre de l'Atlantique. Pour atteindre le rendement ci-dessus, les postes émetteurs et récepteurs doivent répondre à certaines conditions tout à fait raisonnables. Les transmetteurs doivent être actionnés par des générateurs à fréquence constante et, de plus, ils doivent employer la plus petite bande de fréquences compatible avec la vitesse de transmission. Quant aux récepteurs, ils doivent assurer une sélection parfaite pour une échelle de fréquences également peu étendue, tout en traduisant les signaux exactement. A l'heure actuelle, certains ingénieurs radiotélégraphistes sont convaincus qu'on obtiendra avant longtemps d'aussi bons résultats, grâce à des artifices techniques appropriés.

La nature même d'une communication *mondiale* la rend en même

temps *internationale*. Les liaisons avec ou sans fil ignorent les frontières ; les nations peuvent en souffrir, surtout en temps de guerre. C'est le caractère essentiellement international des communications à très longue distance qui a conduit à formuler des règlements internationaux applicables aux communications sans fil. La plupart des nations adhérèrent à la Convention de Londres (1912) et transportèrent, dans leurs législations propres, les droits et devoirs communs. Les règlements possédaient un caractère général et ne se rapportaient qu'aux oints essentiels. Par conséquent, une marge juste et considérable était laissée à chaque nation pour régler le problème des communications d'après ses propres besoins et sa législation propre. Il semblerait qu'une telle manière de faire fût très sage. Certes, les règlements internationaux ont, pour la radiotélégraphie, une importance vitale pour régler les conditions d'exploitation au mieux des intérêts des parties et pour prévenir d'inévitables disputes ; mais, en dehors de cela, les règlements deviennent gênants ; ils constituent une entrave au développement des communications sans fil et tuent l'initiative. D'ailleurs, les experts pourraient en cas de conflit, délimiter les droits des parties intéressées.

On travaille actuellement à la préparation d'une nouvelle conférence internationale de T. S. F. qui tiendra ses assises dans les premiers mois de l'année 1922 et qui aura à se prononcer sur certains règlements internationaux, absolument nouveaux, relatifs aux communications sans fil. La vogue acquise par ce mode de communication et la puissance des appareils les plus modernes compliqueront singulièrement la tâche de la conférence. C'est un fait reconnu qu'un transmetteur défectueux, non seulement diminue la valeur du service qu'on est en droit d'en attendre, mais encore gêne considérablement d'autres transmetteurs et récepteurs irréprochables, du point de vue technique. Dans aucune autre branche des communications, le besoin d'utiliser exclusivement des appareils parfaits ne se fait sentir aussi impérieusement qu'en radiotélégraphie. Ce n'est qu'un des côtés par lesquels les communications sans fil diffèrent des communications par conducteurs, au double point de vue de l'équipement et de l'exploitation. Très sagement, les États-Unis n'ont jamais adhéré à n'importe quelle convention relative aux com-

munications avec et sans fil. D'autre part, sous les réserves indiquées plus haut, ils seraient favorables à une entente internationale qui se traduirait par des règlements internationaux.

Pour le développement rapide des communications mondiales, du moins en ce qui concerne les liaisons sans fil, la réglementation internationale ne devrait pas être autre chose que la confirmation des règlements actuels renforcés par le contrôle de la nationalité des directeurs et du personnel des compagnies de T. S. F. toutes les fois que la chose intéressera la sécurité de l'État. La science des communications sans fil date d'hier ; elle s'est développée très vite ; des législateurs bien intentionnés mais maladroits peuvent lui causer un préjudice considérable. Comme c'est le cas pour toutes les sciences encore dans l'enfance, la science des communications non dirigées ne se développera rapidement que si les chercheurs ont toute liberté d'action et si les compagnies prévoyantes savent les encourager.

Il existe une autre branche des communications mondiales par T. S. F., que nous avons signalée en passant et qui présente un grand intérêt non seulement pour les particuliers, mais pour les nations et pour les divers gouvernements. Nous voulons parler des télégrammes d'information lancés aux quatre points cardinaux. Ce service implique l'existence d'une station émettrice puissante située autant que possible au centre des régions à desservir et en tenant compte de la position du lieu où les renseignements sont centralisés avant transmission. Grâce aux répéteurs, on peut choisir une station émettrice quelconque. Pour recevoir les télégrammes circulaires, il suffit d'avoir à sa disposition un récepteur sensible et assez bon sélecteur. Lorsqu'il s'agit de recevoir un discours ou de la musique, un téléphone haut-parleur doit être employé de préférence. On peut se contenter d'un récepteur ordinaire pour lire les avis de tempête, les cotes de bourse et autres informations du même genre.

On sait que l'invention des « party lines », des voiturettes à essence ou électriques peu coûteuses, du cinématographe, et du phonographe a transformé, en l'embellissant, la vie de ceux qui habitent la campagne. Si, à tout cela, on ajoute un service d'infor-

mations politiques et agricoles, un service musical et artistique, on fera une nouvelle faveur à tous ceux qui habitent les régions les moins peuplées de la terre. On ne rencontrera plus comme aujourd'hui des contrées absolument isolées et arriérées. Nous avons là, à l'état latent, un capital humain d'une certaine valeur. Non seulement le Gouvernement, mais encore l'église, la presse, le théâtre et autres institutions qui ont affaire directement au public, trouveront dans les services de propagande un précieux auxiliaire. On peut se représenter facilement l'époque où tous les habitants d'un village isolé seront au courant des affaires d'importance mondiale et débarrassés de l'ennui, qui accompagne invariablement toute sensation d'isolement et qu'ignorent ceux qui vivent dans les grandes villes. Ils seront peut-être mieux servis que ces derniers, en ce sens qu'ils recevront uniquement des informations choisies avec plus de soin et avec plus d'intelligence.

La réalisation d'un service mondial d'intercommunications aura d'heureuses conséquences commerciales, politiques, scientifiques et personnelles. Les relations commerciales internationales dépendent pour beaucoup de la sécurité et de la rapidité des communications. Si une maison ne peut transmettre rapidement les renseignements relatifs à une affaire soit à ses filiales, soit à ses agents, soit directement à une autre maison, les transactions traînent en longueur et le commerce international est en proie au découragement. Les grandes nations commerçantes l'ont reconnu de tout temps ; de là provient l'essor que l'Angleterre à fait prendre aux câbles sous-marins et que les États-Unis ont fait prendre aux communications sans fil.

Les communications intercontinentales produiront des résultats politiques, de plusieurs manières. On peut compter sur les télégrammes de presse pour donner une idée de l'orientation de la politique des diverses nations ; en outre, les nations choisiront une politique qui tienne compte du point de vue des nations voisines ; les causes de malaise et de conflit entre nations s'en trouveront diminuées d'autant. De plus, les gouvernements disposant de communications vraiment internationales, pourront traiter directement entre eux ; ils éviteront les malentendus et les retards énervants

qui se produisent parfois lorsque les gouvernants font intervenir leurs représentants à l'étranger. Les tendances et les aspirations de chaque peuple ainsi que ses méthodes de réalisation, seront mieux connues du reste du monde ; les causes de désaccord seront révélées dès la première heure et les conflits étouffés dans l'œuf. Pour autant que la connaissance des vertus et des défauts des peuples voisins permette de réduire le nombre des querelles internationales, nous pouvons considérer un réseau de communications mondiales comme l'agent promoteur de la paix universelle.

La réussite des individus dans la vie dépend beaucoup des moyens de communication. La transmission rapide de la pensée prolonge pour ainsi dire leur personnalité vers le point voulu. L'homme peut accomplir ainsi durant sa vie et sans efforts démesurés, ce qu'il n'aurait jamais osé envisager autrefois. Non seulement nous pouvons aujourd'hui rester en relation avec nos parents, nos amis, nos collaborateurs en affaires, mais nous avons plus confiance en nous-mêmes, nous nous sentons plus forts et nous considérons d'un esprit plus large les problèmes qui se posent dans le monde entier. Nous ne faisons pas fi pour autant des intérêts que nous avons dans une sphère moins étendue ; c'est pourquoi les communications interrégionales ont pour nous une importance considérable. Les hommes auront toujours la majeure partie de leurs intérêts groupés dans une certaine région, de là l'intérêt qu'ils attachent aux moyens de communication à l'intérieur de cette région. Lorsque les circuits auront rempli leur premier devoir, qui consiste à faciliter les relations entre habitants d'une même ville et entre habitants de villes voisines, ils pourront être prolongés vers les pays voisins et sur le monde entier.

La collaboration entre savants (techniciens et réalisateurs) a toujours souffert du manque de communications entre les hommes de science des diverses nations. Il est curieux de noter que souvent une même loi est découverte par plusieurs chercheurs qui lui ont donné chacun leur nom. Comme en général les découvertes se suivent de près, on voit quelles pertes de temps et d'énergie occasionne le manque d'entente. Les savants, dont les laboratoires sont disséminés aux quatre coins du globe, comptent que les communica-

tions universelles favoriseront la création d'un bureau international d'informations scientifiques, et inaugureront l'ère d'une meilleure collaboration de tous les intéressés.

Aujourd'hui, un câblogramme et sa réponse peuvent être transmis en quelques minutes entre Londres et New York ; on entend à Hawaï ou à Paris une personne qui parle à Arlington (Virginie) ; on peut communiquer téléphoniquement d'un bout à l'autre des États-Unis ; un radiotélégramme transmis de Berlin ou d'Honolulu peut être reçu à New York sur un appareil imprimant. Si tous les Gouvernements favorisent, comme c'est leur devoir, le développement des communications mondiales, et s'ils combattent vigoureusement tous ceux qui tentent d'entraver ce développement, nous pouvons être sûrs que l'avenir répondra aux brillantes promesses du passé, en ce qui concerne le rôle bienfaisant des futures communications intercontinentales.

HISTORIQUE DE LA POSTE [1]

Par M. E. MONTORIOL,
Ingénieur des Postes et Télégraphes.

La poste pendant la guerre de 1870-1871

L'invasion prussienne avait entraîné la suppression complète du service des bureaux ambulants sur la ligne de l'Est ; le service était partiellement suspendu sur les autres réseaux, sauf sur les lignes des Pyrénées et de la Méditerranée, qui continuaient à fonctionner régulièrement ; il en résulta tout d'abord une grande perturbation dans le transport des correspondances ; puis, Paris fut bientôt investi et se trouva privé de toute communication avec l'extérieur. On pensa alors à recourir aux ballons, pour maintenir un minimum de relations entre la capitale et la province ; deux décrets parurent le 26 septembre 1870 : le premier autorisait l'Administration des Postes à expédier par la voie d'aérostats montés, les lettres ordinaires, à destination de la France, de l'Algérie et de l'étranger ; le poids de ces lettres ne devait pas dépasser 4 grammes, la taxe restait fixée à 20 centimes, mais l'affranchissement en était obligatoire ; le second décret autorisait le transport, par aérostats libres et non montés, des *cartes-poste*, du poids maximum de 3 grammes, obligatoirement affranchies à 10 centimes, pour la France et l'Algérie, et au tarif des lettres pour l'étranger.

Les ballons non montés étaient constitués en papier gommé, et pouvaient enlever un poids de 50 kilogrammes ; ils n'eurent qu'une existence éphémère, car les ballons montés, spécialement construits pour cet usage, purent assurer des départs, intermittents

---

(1) Voy. *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* : mars-avril 1922, p. 428.

il est vrai, mais relativement suffisants ; on en confia la direction à des hommes particulièrement compétents, tels que Tissandier, Godard, Mangin, puis à des marins d'un dévouement et d'une intrépidité éprouvés. Les risques courus par les pilotes étaient grands, non seulement à cause de l'incertitude des points où le caprice des vents pouvait pousser les aérostats, mais encore parce qu'ils étaient exposés au feu des Allemands ; pour cette dernière raison, on décida qu'à partir du 18 novembre, les départs resteraient secrets et auraient lieu seulement la nuit. Il serait malheureusement trop long d'entrer dans le détail des péripéties, souvent dramatiques, qui accompagnèrent un grand nombre de ces périlleux voyage : quelques ballons furent abattus par les Allemands, d'autres atterrirent dans les lignes ennemies, l'un d'entre eux à Wetzlar (Prusse), un autre en Hollande, un troisième à Christiania ; enfin deux de ces ballons ont été emportés vers l'Océan et l'on ne devine que trop le sort de leurs infortunés pilotes.

Dans les cas, heureusement assez nombreux, où le ballon prenait un atterrissage en pays libre, les correspondances, dont le poids variait entre 400 et 450 kilogrammes, étaient dirigées sur le bureau ambulant le plus voisin, qui en opérait le tri et les acheminait sur leurs destinations respectives ; les plis officiels étaient confiés à un messager spécial, qui les portait au siège du Gouvernement, Tours ou Bordeaux.

La Poste par ballons, malgré les inappréciables services qu'elle rendait, ne résolvait la question que pour les correspondances émanant de Paris et à destination de l'extérieur ; le trajet inverse n'était pas praticable ; divers aéronautes, parmi lesquels Revilliod et Tissandier, avaient vainement cherché à résoudre le problème de la direction des ballons. Il fallut donc recourir à un autre moyen, dont l'emploi, d'ailleurs, remonte à la plus haute antiquité : le pigeon voyageur ; ce mode de transport des correspondances, d'abord réservé aux communications du Gouvernement provisoire, fut mis à la disposition du public par un décret en date du 4 novembre 1870.

Les correspondances, destinées à être acheminées par pigeons

voyageurs, étaient transmises télégraphiquement à Tours, moyennant une taxe de 50 centimes par mot, avec un maximum de 20 mots. D'autre part, chaque ballon postal, quittant Paris, emportait un panier de pigeons, qui était ensuite dirigé sur Tours. Là, se faisait l'expédition de retour : les dépêches furent d'abord recopiées à la main sur du papier pelure, puis on en fit des réductions par la photographie, enfin, un peu plus tard, l'Administration fit typographier les messages avant de les photographier sur les deux faces d'une feuille de papier ; on parvint ainsi à grouper 240 télégrammes, de 15 mots chacun, dans un rectangle de 4 centimètres sur 3 ; les perfectionnements se poursuivirent, et on substitua bientôt, à la feuille de papier, une mince pellicule de collodion, beaucoup plus légère encore ; enfin, on poussa la perfection photographique jusqu'à pouvoir faire des réductions 800 fois plus petites que l'original, et à faire tenir, sur une pellicule de 50 centimètres carrés, 1600 dépêches de 15 mots chacune. Les pellicules étaient ensuite introduites dans un tube de plume, de 5 centimètres de longueur, qu'on fixait, à l'aide de fils de soie, à l'une des grosses plumes de la queue du pigeon ; puis le lâcher avait lieu en un point aussi rapproché que possible de Paris.

Les mêmes dépêches étaient confiées à plusieurs pigeons différents, car les gracieux messagers étaient exposés, eux aussi, au tir des Allemands, qui avaient, en outre, dressé des faucons pour leur donner la chasse, et un grand nombre d'entre eux n'ont jamais regagné leur colombier.

Ceux des pigeons qui y parvenaient sains et saufs, étaient immédiatement apportés au Gouverneur de Paris, chez qui se faisait la transcription ; au début, les dépêches étaient lues à la loupe, dictées et recopiées à la main ; les réductions devenant de plus en plus petites, on recourut au microscope, puis enfin à de puissantes lentilles et à l'éclairage électrique : les images étaient projetées, dans une pièce obscure, sur un écran blanc, où les employés lisaient et recopiaient les dépêches.

L'emploi combiné des ballons et des pigeons permit la création de la *carte-réponse*, qui fut instituée par le décret du 25 novembre 1870 :

les cartes étaient expédiées de Paris par ballons, et les destinataires pouvaient répondre, par *oui* ou par *non*, à quatre questions posées ; la réponse revenait à Paris par pigeon. La taxe de la carte-réponse était fixée à 1 franc.

Parmi les autres moyens essayés pour établir des relations postales entre Paris et la province, on doit encore citer les *boules submersibles* ; ces boules, dans lesquelles on insérait les correspondances, étaient ensuite jetées à la Seine ; elles étaient lestées de manière à flotter entre deux eaux, et étaient entraînées par le courant, puis devaient être recueillies, au moyen de filets tendus à des endroits déterminés ; un décret du 26 décembre 1870 fixe à 4 grammes le poids maximum et à 1 franc la taxe d'affranchissement de chaque lettre. Les plis à destination de Paris étaient centralisés à Moulins, d'où ils étaient amenés en amont de la capitale ; le service, inauguré le 4 janvier 1871, fut supprimé le 31 du même mois : les Allemands, informés de ce mode de correspondance, avaient établi des barrages, et aucune boule ne parvint à Paris ; on en retrouva quelques-unes en divers endroits, après la conclusion de l'armistice.

La poste sous la troisième République. — Fusion des Postes et des Télégraphes

La période qui s'étend de la fin de la guerre jusqu'en 1878, date de la fusion des Postes et des Télégraphes, est marquée, tout d'abord, par le relèvement des taxes postales, résultant de la loi du 24 août 1871, par la création du service des mandats télégraphiques, inauguré le 1er août 1872, puis par l'adoption de la *carte postale* (loi de finances du 20 décembre 1872).

L'année 1874 vit se réaliser un grand progrès, en ce qui concerne les relations postales internationales : un congrès, réuni à Berne le 15 septembre 1874, et auquel vingt-deux États prirent part, élabora le Traité d'*Union Générale des Postes*, qui fut signé le 9 octobre. Ce traité constituait une véritable révolution dans le service postal international, en supprimant toutes les conventions particulières, et en instituant l'uniformité de taxes et de

règles ; l'Union comprenait tous les États d'Europe, plus l'Égypte et les États-Unis d'Amérique.

Ces États se trouvèrent former, au point de vue postal, un seul territoire, dans lequel la correspondance internationale était soumise à un régime aussi uniforme que le permettaient les convenances monétaires ou autres des États adhérents, chaque Administration appliquant un seul et même tarif à toutes les correspondances qu'elle échangeait avec les autres États de l'Union ; le traité fixait, en outre, la rémunération du transit, l'attribution a chaque office des taxes perçues par lui, etc.

La France, dont la situation financière était critique, et à qui le traité occasionnait des sacrifices assez lourds, par suite de l'abaissement des taxes et des revenus résultant des transits, subordonna son adhésion à quelques conditions de détail et au droit d'ajourner, jusqu'au 1er janvier 1876, l'exécution du traité ; celui-ci fut signé par le plénipotentiaire français, le 3 mai 1875, approuvé par l'Assemblée Nationale, le 3 août suivant, et entra en vigueur à la date fixée. En conséquence de l'approbation, la loi du 3 août 1875 apporta des modifications aux tarifs intérieurs, pour les mettre en harmonie avec les nouveaux tarifs internationaux et éviter les anomalies : c'est ainsi que la limite de poids des lettres simples fut portée de 10 à 15 grammes pour le premier échelon, et de 20 à 30 pour le second.

Une conférence internationale, tenue à Berne le 17 janvier 1876, aboutit à un arrangement, signé le 27 du même mois, fixant les conditions de rémunération du transit maritime pour les pays autres que les États-Unis ; cet arrangement permit à divers États d'entrer dans l'Union, et on recueillit successivement l'adhésion de l'Inde Britannique, des Colonies françaises, espagnoles, néerlandaises, portugaises et danoises, de plusieurs colonies anglaises, du Japon, du Brésil et de la République Argentine.

Enfin, à la suite du Congrès tenu à Paris, du 1er mai au 1er juin 1878, et où trente-trois États étaient représentés, l'Union Générale des Postes prit le titre d'*Union Postale Universelle*, et comprend aujourd'hui tous les pays civilisés. *Un Bureau international des Postes* fonctionne à Berne, sous la haute surveillance

de l'Administration suisse, et sert de lien entre les offices adhérents ; il réunit, coordonne, publie les renseignements de toute nature, qui intéressent le service international des Postes, émet des avis sur les questions litigieuses, instruit les demandes en modification des actes des congrès, etc. ; il publie en trois langues (française, anglaise et allemande) un journal mensuel, dans lequel sont traitées des questions postales, et qui donne des renseignements sur l'organisation du service dans les différents États ; il prépare les travaux des congrès ou conférences, etc., etc.

La *fusion des Postes et des Télégraphes* fut réalisée en 1878. La réunion de ces deux services, dont le but commun est la transmission des correspondances, avait été envisagée depuis fort longtemps ; on considérait, avec raison, qu'il devait en résulter, tout à la fois, une grande commodité pour le public et, pour l'État, une sensible économie en personnel, en matériel et en locaux. En 1862, à l'occasion de la discussion du budget, le Corps Législatif eut à examiner la question, mais ne la trancha pas ; deux ans plus tard, en 1864, toujours lors de l'établissement du budget, elle revint à l'ordre du jour, et la Commission se prononça à l'unanimité en faveur de la fusion ; mais un amendement dans ce sens, présenté au vote de l'Assemblée, fut repoussé ; une Commission extra-parlementaire fut cependant nommée pour étudier la question, mais le rapport qu'elle déposa, le 7 avril 1865, fut nettement opposé à la réforme. Toutefois, malgré cet avis défavorable, on commença, peu après, à adjoindre le télégraphe à la poste, dans les bureaux d'ordre secondaire et, en 1871, 125 bureaux télégraphiques municipaux, sur 1.300, étaient gérés par des agents des postes.

Après la guerre de 1870, le besoin de réaliser des économies se faisait vivement sentir, aussi la question de la fusion fut-elle de nouveau examinée, en 1871, par une Commission issue de l'Assemblée Nationale ; enfin, par une loi du 6 décembre 1873, l'Assemblée décidait que les agents des Postes seraient chargés du télégraphe dans les bureaux secondaires, et que, dans les autres, les deux services, tout en restant distincts, seraient installés dans une même maison, ou, tout au moins, dans les meilleures condi-

tions possibles de proximité. Le règlement d'administration publique, qui devait déterminer les mesures à prendre pour l'exécution de cette loi, ne fut signé par le Président de la République que le 10 juillet 1876, et parut au *Journal Officiel* le 14 juillet de la même année.

Cette fusion limitée fut réalisée progressivement, au fur et à mesure qu'étaient levées les mille difficultés résultant de l'autonomie gardée par chacune des Administrations en présence. Cependant, un décret, en date du 22 décembre 1877, nommait M. Cochery aux fonctions de Sous-Secrétaire d'État des Finances et plaçait tout à la fois sous son autorité la Poste et le Télégraphe ; deux autres décrets, datés tous deux du 27 décembre suivant, vinrent compléter ce premier pas vers la réalisation de la fusion : l'un supprimait l'emploi de Directeur général des Postes et attribuait au Sous-Secrétaire d'État des Finances la présidence du Conseil d'Administration; l'autre rattachait au Ministère des Finances le Télégraphe, précédemment au Ministère de l'Intérieur, et autorisait le Sous-Secrétaire d'État à prendre toutes les mesures nécessaires pour assurer la réunion des deux services.

Un décret, daté du 20 mars 1878, décida que le Sous-Secrétaire d'État serait assisté par un Conseil d'Administration composé, pour la Poste, de trois administrateurs, et, pour le Télégraphe, de l'ancien directeur de l'Administration et de deux administrateurs ; un arrêté, en date du 15 avril 1878, organisa l'Administration Centrale commune aux deux services; enfin, un décret du 5 février 1879 constituait un *Ministère des Postes et Télégraphes*, sous la direction de M. Ad. Cochery.

Entre temps, et en vue de donner de nouvelles facilités au public pour les envois de fonds, tout en simplifiant les opérations du guichet, l'Administration créa les *mandats-cartes*, en février 1879, et les *bons de poste*, le 28 juin 1882 ; la loi du 7 avril 1879 institua le service des *recouvrements* des effets de commerce, quittances, etc ; cette mesure, limitée tout d'abord à la France, fut étendue à l'Algérie, par le décret du 31 mars 1880, puis, dans cette même année, à divers pays étrangers.

La loi du 7 avril 1879 autorisa également l'Administration à rece-

voir les *abonnements* aux journaux, revues, etc ; le 18 février 1886, la Chambre des Députés adopta le principe de la *carte-lettre*, simple ou avec réponse payée, et qui fut mise en circulation le 7 juin de la même année, à la suite d'un arrêté pris le 24 mai 1886 ; enfin, la loi du 7 janvier 1918 créa le service des *Comptes courants et chèques postaux*, ouvert à toute personne, association, maison de commerce, etc, qui permet aux titulaires d'effectuer toutes opérations de banque : dépôts de fonds, retraits, virements, transferts, lettres de crédit, etc.

Le décret du 30 mai 1887 supprima le Ministère des Postes et Télégraphes et rattacha les services au Ministère des Finances, mais ce changement ne fut que temporaire, car un autre décret, du 15 juin 1887 constitua le service des Postes et Télégraphes en Direction Générale, assimilée aux autres régies financières. La Direction Générale fut transformée en Sous-Secrétariat d'État, le 24 mai 1896 ; l'Administration fut enfin rattachée au Ministère des Travaux Publics, le 24 juillet 1909, puis au Ministère du Commerce et de l'Industrie, le 23 mars 1913 ; elle revint enfin aux Travaux Publics le 20 janvier 1920.

Caisse d'épargne postale

La Caisse d'Épargne Postale fut créée par la loi du 9 avril 1881. Depuis fort longtemps, les différents gouvernements s'étaient préoccupés de développer l'action des Caisses d'Épargne privées ; en 1869, notamment, une Commission avait été chargée d'étudier les moyens propres à assurer ce développement ; cette commission élabora un projet de loi qui, dans les localités où n'existaient ni Caisse d'Épargne ni succursale, chargeait les percepteurs des contributions et les receveurs des Postes d'encaisser les versements et d'effectuer les remboursements : la guerre survint au moment où le projet était soumis au Conseil d'État. Une autre proposition, formulée devant l'Assemblée Nationale, en 1872, fut retirée par ses auteurs, sur la promesse que la question serait réglée par décret ; ce décret parut, en effet, le 23 août 1875 et, à partir de cette époque, les percepteurs et les receveurs des

Postes devinrent les auxiliaires des Caisses d'Épargne. Mais, malgré cette amélioration, qui permettait aux déposants d'effectuer leurs opérations avec un minimum de dérangement, le résultat ne fut pas aussi favorable qu'on l'avait espéré ; le rayon d'action, forcément restreint, de chaque Caisse, s'il suffisait pour la population sédentaire, ne convenait pas pour les voyageurs ; en outre, chaque changement définitif de résidence entraînait généralement les formalités du transfert des dépôts à un autre établissement.

On en arriva ainsi à envisager la création d'une caisse d'État, gérée par l'Administration des Postes, et analogue à celle qui fonctionnait, depuis 1861, en Angleterre.

Une proposition dans ce sens fut soumise à la Chambre des Députés, le 17 janvier 1880 et la loi, après examen du Sénat, fut promulguée le 9 avril 1881, ainsi qu'il est dit plus haut ; elle entra en application le 1er janvier 1882 et, à partir de cette époque, les receveurs des Postes cessèrent de prêter leur concours aux Caisses d'Épargne privées.

Au début du fonctionnement, les versements ultérieurs exigeaient le retrait du livret, qui était restitué ensuite au déposant avec l'inscription constatant l'opération. La loi du 3 août 1882 simplifia les écritures en créant les *timbres-épargne*, dont les receveurs étaient responsables, et qu'ils apposaient sur les livrets pour justifier les versements. Toutefois, les timbres-épargne offraient encore quelques inconvénients, tant à cause de la comptabilité spéciale qu'ils imposaient aux receveurs que par les risques de pertes ou d'emploi erroné de figurines, dont la valeur pouvait aller jusqu'à 500 francs.

Ces critiques incitèrent l'Administration à rechercher un moyen de contrôle plus simple, tout en restant aussi efficace : l'arrêté ministériel du 16 février 1889 créa le registre à souche, encore utilisé actuellement, portant une série de chiffres semblables aux chiffres latéraux des mandats-poste, qu'on découpe de même, de façon à représenter la somme versée, et qu'on colle sur le livret ; la déclaration de versement, attenante aux chiffres, est jointe au bordereau journalier et les chiffres manquants permettent de contrôler l'exactitude de l'opération.

D'autre part, le décret du 30 novembre 1882 avait inauguré le système des *bulletins d'épargne*, sur lesquels on colle des timbres-poste de 5 ou de 10 centimes, et dont le montant est inscrit au compte du déposant, lorsque la valeur des timbres, apposés sur chaque bulletin, atteint la somme de 1 franc ; depuis le 1er juin 1884, les déposants sont autorisés à demander le remboursement d'une somme à valoir sur leur compte, au moyen d'un mandat-poste dont ils supportent les frais ; les remboursements peuvent encore être demandés par télégraphe et autorisés, soit par la même voie, soit par la poste ; enfin, les titulaires d'un compte tenu à Paris peuvent employer la voie des tubes pneumatiques pour les remboursements partiels.

Le taux de l'intérêt servi aux déposants de la Caisse Nationale d'Épargne a suivi les fluctuations des cours de la rente française : la loi du 9 avril 1881 le fixait à 3 °/₀ ; il fut réduit à 2,75 par celle du 26 décembre 1892, puis à 2,50 par le décret du 27 octobre 1895 : il a été relevé à 3 °/₀ à partir du 1er janvier 1917, par le décret du 2 décembre 1916, puis à 3,25 °/₀ par décret du 24 novembre 1918 et enfin à 3,50 °/₀ par décret du 29 octobre 1920, applicable à partir du 1er janvier 1921.

Le maximum du dépôt, pour chaque compte privé, d'abord fixé à 1500 francs, fut porté à 3000 à partir du 1er janvier 1919 et à 5000 francs à partir du 1er janvier 1920. Depuis cette dernière date, les Sociétés autorisées peuvent déposer jusqu'au maximum de 30.000 francs.

Le timbre-poste

La première idée de mettre à la disposition du public le moyen d'acquitter d'avance le prix du port des lettres semble revenir à M. de Vélayer qui, en 1653, avait tenté l'établissement d'une *Petite Poste* à Paris (v. *Annales* de mars-avril, p. 438) : le paiement de la taxe était constaté par la délivrance de *billets de port payé*, que les expéditeurs attachaient à la lettre, ou passaient autour, « ou en telle autre manière qu'ils trouveront à propos, de telle sorte néantmoins que le commis puisse le voir et l'oster aysément ». Cette innovation avait pour but, tout d'abord,

d'accélérer le service, car, disait l'auteur, « le principal sujet de « cet establissement est pour avoir prompte responce, cela ne « se pourroit pas si les commis qui porteront lesdites lettres dans « les maisons estoient obligés d'attendre partout le payement du « port d'icelles ».

Mais Vélayer avait entrevu un autre avantage à son système : « La seconde raison vient de ce que, comme l'on escrit d'ordi- « naire plus tost pour ses affaires que pour les affaires d'autruy, « il est plus juste que celuy qui escrit paye le port que celuy « auquel ladite lettre est adressée, et mesme s'il veut responce, « il peut en ce cas envelopper dans sa lettre un autre billet de « port payé, afin que celuy qui le sert le face plus librement, « quand il verra qu'il ne lui coustera rien. »

L'innovation de Vélayer disparut avec son entreprise, elle resta dans l'oubli pendant plus d'un siècle, et l'on continua à percevoir en numéraire, au guichet, la taxe du transport, proportionnée à la distance. Toutefois, en 1818, le roi de Sardaigne, Victor-Emmanuel 1er, voulant adoucir la rigueur des dispositions établies pour sauvegarder le monopole de l'État, rendit une ordonnance autorisant le transport des lettres par les particuliers, à la condition que celles-ci aient préalablement acquitté la taxe d'État au bureau postal ; pour rendre cette mesure plus commode, il mit en circulation, sous le nom de *papier postal timbré*, des enveloppes, sur lesquelles était imprimée une vignette représentant un enfant à cheval, sonnant d'un cor de poste ; la taxe, indiquée à la partie inférieure, était de 15, 25 ou 50 centimes, suivant la distance que devait parcourir la lettre.

En 1840, l'Angleterre unifia la taxe postale pour toute l'étendue du royaume, et le système du *penny postage*, qui entra en application, n'aurait pu subsister ou aurait été extrêmement difficile sans un moyen de perception préalable : en présence de l'affluence extraordinaire des correspondances, le gouvernement anglais, sur la proposition de Rowland Hill, fit établir des enveloppes spéciales, vendues un penny, et qui constataient le paiement de la taxe ; ces enveloppes portaient, imprimé, un véritable tableau allégorique, dû à Mulready : une femme, vêtue

d'une tunique et drapée dans un peplum, cuirassée et casquée, symbolisait l'Angleterre ; à ses pieds était l'écusson de la Grande-Bretagne et, près d'elle, le lion britannique ; de chaque côté, des anges, nus et ailés, s'élançaient dans les airs ; le reste de la composition comprenait des scènes auxquelles prenaient part des types de toutes les races groupées sous le sceptre britannique. Cette composition, très remarquable au point de vue de l'exécution, ne fut employée que pendant très peu de temps, et on lui en substitua bientôt une vignette de format réduit, présentant seulement l'effigie royale, telle que la portaient les monnaies, et qu'on collait sur l'enveloppe de la lettre.

L'exemple de l'Angleterre fut suivi par les autres États ; le timbre-poste fut adopté par le Brésil en 1843, par Genève en 1844, la Finlande en 1845, les États-Unis d'Amérique en 1846, la France en 1848 ; l'Autriche, l'Espagne, la Prusse, la Suisse et la plupart des États de la Confédération germanique en 1850 ; le Piémont, le Danemark en 1851 ; la Hollande en 1852, la Suède en 1855, la Russie en 1857, la Grèce en 1861, la Turquie en 1863.

Le timbre-poste fut introduit en France par la loi du 24 août 1848, qui réalisait l'unification de la taxe postale pour l'ensemble du territoire ; les premiers timbres, dont le poinçon était l'œuvre du graveur Barre, étaient mis en vente au prix de 20 centimes, 40 centimes et un franc, correspondant respectivement à l'affranchissement de lettres pesant jusqu'à 7 grs. 1/2, 15 grammes et 100 grammes ; sur un fond, dont la couleur fut plusieurs fois modifiée dans le cours de la première année, se détachait la tête allégorique de la Liberté, dans un cadre circulaire formé de deux lignes rapprochées et d'un rang de perles ; un second cadre, rectangulaire, portait à la partie supérieure, *Répub. franc.* et, au bas, le mot *Postes* et la valeur nominale, répétée de chaque côté. Ces trois timbres, comme on le voit, ne pouvaient affranchir que les lettres circulant d'une localité à une autre ; pour celles qui ne sortaient pas des limites de la ville, et qui étaient taxées à 15 centimes à Paris et 10 centimes dans les autres villes, on continuait à acquitter le port, en numéraire, au guichet postal ;

toutefois, en 1850, on créa, pour cet usage, un timbre de 10 centimes (jaune bistre) et un de 15 (vert), plus un troisième, de 25 centimes (bleu), par suite de l'élévation de la taxe. En 1852, l'effigie de la Liberté fut remplacée par celle de Louis Napoléon Bonaparte, alors Président de la République ; en 1853, après l'établissement de l'Empire, les timbres conservèrent la même effigie, mais portèrent les mots *Empire Franc.*

Pendant les premières années, les figurines, imprimées sur une même feuille, au nombre de 150 (15 rangées de 10), devaient être séparées à l'aide de ciseaux ; divers inventeurs s'ingénièrent à supprimer ou à simplifier cette opération : ce furent d'abord de petits appareils permettant de couper les timbres plus rapidement, puis vint une sorte de molette à dents tranchantes, fines et rapprochées, qu'on faisait rouler dans l'intervalle séparant les rangées de timbres; le pointillage ainsi obtenu permettait de détacher ensuite, sans risque d'accident, les figurines qu'on voulait utiliser; certains industriels perforaient de la sorte, pour les particuliers, les feuilles de timbre qu'on leur confiait, et ces timbres, devenus rares aujourd'hui, sont particulièrement recherchés par les collectionneurs. Enfin, l'Administration entreprit, en 1862, de pointiller elle-même les timbres avant leur mise en vente, à l'aide d'une machine spécialement inventée à cet effet.

En décembre 1862 parut le premier timbre (2 centimes) du 4e type, sur lequel l'effigie impériale est laurée, l'indication *Empire Français* ne comporte pas d'abréviation, le cadre est réduit à une mince ligne double. Un type spécial de timbre, pour l'affranchissement des journaux, fut émis en 1868 ; le cadre rectangulaire portait, à la partie supérieure, *Timbre impérial* et, au bas, *journaux* ; la partie médiane était occupée par un écusson avec un aigle et surmonté de la couronne impériale ; ce timbre, d'une valeur de 2 ou 5 centimes, pouvait également acquitter des droits fiscaux.

En 1870, lors de la proclamation de la Troisième République, on fit usage, tout d'abord, des planches de 1848 pour tirer des timbres de 10, 20 et 40 centimes ; mais après l'investissement de Paris, il fallut aviser à pourvoir la province ; une décision

ministérielle, en date du 19 octobre 1870, chargea la Monnaie de Bordeaux de procéder à une émission provisoire de timbres ; ceux-ci étaient, comme les précédents, à l'effigie de la Liberté, mais, obtenus par la lithographie, le dessin n'avait pas la netteté des précédents, et ils sont aujourd'hui parfaitement reconnaissables à ce détail; il en était de même pour les nuances qui, d'un tirage à l'autre, présentaient quelques différences assez sensibles.

Diverses critiques s'étaient élevées à l'encontre du genre de timbres alors en usage, notamment en ce qui concerne la petitesse des chiffres indiquant la valeur nominale ; une décision du Ministre des Finances, en date du 5 juillet 1875, créa un nouveau type de timbre, composé par Sage, dont le sujet allégorique est « le Commerce et la Paix s'unissant pour régner sur le Monde » ; il comporte deux personnages en pied, se tenant par la main : à gauche, la Paix, portant un rameau d'olivier, à droite, Mercure, avec son caducée ; les deux personnages sont séparés par un globe terrestre, recouvert en partie d'un cartouche, avec le chiffre indiquant la valeur nominale du timbre ; entre les deux têtes, le mot *Poste* ; à la partie inférieure : *République Française* ; le tout enfermé dans un cadre rectangulaire formé de trois lignes.

Trois modèles de timbres furent émis en 1900 ; le premier pour les valeurs de 1 à 3 centimes, dessiné par Joseph Blanc, représente la *Liberté*, tenant dans sa main droite une balance, symbole de *l'Égalité* ; au-dessous, deux petits génies, s'embrassant, symbolisent la *Fraternité* ; le sujet est posé sur un écusson ovale, avec l'exergue *République Française*, et enfermé lui-même dans un cadre rectangulaire d'une seule ligne. Le second type, composé par Mouchon, correspond aux valeurs de 10 à 30 centimes : la Liberté, assise et regardant vers la droite, tient une « table de la Loi » avec l'inscription *Droits de l'Homme*. Enfin, le troisième type, de Luc-Olivier Merson, encore en usage aujourd'hui, correspond aux valeurs de 40 centimes à 5 francs : la Liberté est assise à droite et regarde de face ; elle tient sous sa main gauche une épée au fourreau ; le fond du sujet est formé de branches d'olivier, symbole de paix.

Les deux premiers types de 1900 ont été remplacés, en 1903,

pour les valeurs de 5 à 35 centimes, par la *Semeuse*, identique à celle gravée par Louis Roty pour les pièces de monnaie ; à part la suppression du sol, faite en 1906, elle est semblable à celle qui circule encore aujourd'hui. A l'occasion de la guerre, une émission de timbres de 10 centimes, à l'effigie de la Semeuse, fut faite avec surtaxe de 5 centimes au bénéfice de la Croix-Rouge ; le chiffre, 10 c., est reporté à la partie supérieure de gauche ; au-dessous est un rectangle portant l'emblème de l'œuvre et l'indication de la surtaxe, 5 c. ; sur le côté droit, les mots : Croix-Rouge — Postes.

Chiffres-taxes

Jusqu'à l'année 1858, les taxes à percevoir sur les destinataires étaient indiquées, soit par une inscription à la main, soit par l'apposition d'un timbre humide. Le 14 octobre 1858, le Ministre des Finances créa, pour le recouvrement des taxes des lettres « locales », une vignette gommée spéciale ; la perception, pour les lettres échangées d'une ville à une autre, continuait à être effectuée comme précédemment. Cette vignette carrée, de 2 centimètres de coté, se composait d'un cadre noir sur lequel se détachaient en blanc les mots *chiffre-taxe* et *postes* ; à l'intérieur, en noir sur blanc, l'indication *10 centimes à percevoir* ; en 1862, la taxe des lettres locales non affranchies ayant été élevée à 15 centimes, le chiffre-taxe fut modifié en conséquence ; en 1871, par suite du remaniement de la taxe des lettres locales non affranchies, on créa des chiffres-taxes de 25, 40, et 60 centimes, correspondant aux poids-limites de 10, 20 et 50 grammes. La taxe fut encore modifiée par la loi du 3 août 1875 et portée à 25, 50 et 75 centimes, pour les lettres non affranchies pesant respectivement 15, 30 et 50 grammes ; le chiffre-taxe de 60 centimes, n'ayant plus d'emploi dans ce nouveau tarif, fut retiré de la circulation du 1er février 1876.

L'unification des taxes, réalisée par la loi du 3 avril 1878, entraina de nouveaux changements : la taxe des lettres non affranchies fut fixée à 30 centimes par 15 grammes ou fraction de 15 grammes ; il en résulta le retrait des chiffres-taxes de 25 et

40 centimes, et l'émission de deux nouveaux types à 30 et 60 centimes.

Le modèle de chiffres-taxes en usage à l'heure actuelle fut créé le 6 août 1880 ; il a les mêmes dimensions que le timbre-poste et est pointillé comme celui-ci ; la mention *30 centimes à percevoir* est inscrite sur une banderole placée obliquement par rapport au cadre.

L'emploi des chiffres-taxes était resté, jusque là, limité aux seules lettres locales ; il fut étendu, le 1er octobre 1882, à toutes les correspondances, quelle que soit leur origine ; on créa alors 13 modèles de chiffres-taxes, de valeurs variant entre 1 centime et 5 francs ; toutefois, l'uniformité de couleur rendant facile la confusion des vignettes de 1, 2 et 5 centimes avec celles de 1, 2 et 5 francs, ces dernières furent bientôt imprimées en brun, les autres restant en noir. Le nombre des modèles ayant paru trop élevé, et certains d'entre eux étant peu employés, on supprima, en 1887, les chiffres-taxes de 20 et 40 centimes, et, en 1888, celui de 2 francs. Ce nombre fut encore réduit par la suite et ne comporte plus que cinq valeurs : 1, 5, 10, 20 et 50 centimes ; quatre types spéciaux, de 1, 10, 30 et 50 centimes sont utilisés pour la perception des taxes de valeurs à recouvrer demeurées impayées.

Carte postale

La correspondance à découvert et à prix réduit, avait été proposée, dès 1865, en Allemagne, mais n'avait pas été appliquée ; l'idée fut reprise, en 1869, par l'Administration des Postes autrichiennes, et sa mise en pratique obtint un succès considérable. Les autres pays suivirent l'exemple et la carte-postale fut adoptée successivement par l'Allemagne, le Luxembourg, l'Angleterre, la Belgique et la Suisse en 1870, la Hollande et le Danemark en 1871, la Suède, la Norvège, la Russie et la France en 1872, puis, progressivement, par tous les autres pays.

Les premières cartes postales émises en France étaient établies sur un carton léger ; deux modèles différents étaient en usage, suivant que la carte devait circuler dans les limites de la circon-

scription du bureau de dépôt ou bien d'une ville à une autre; les taxes, respectivement 10 et 15 centimes, n'étaient pas représentées lors de la fabrication, les cartes portaient seulement un rectangle, indiquant l'endroit où l'agent des Postes devait coller un ou plusieurs timbres au moment de la vente. C'est seulement en 1878 qu'on commença à imprimer la figurine de 10 ou de 15 centimes sur les cartes elles-mêmes.

La carte postale avec *réponse payée*, adoptée en Allemagne en 1872, fut introduite en France par l'arrêté ministériel du 21 juin 1879. La taxe était de 20 centimes pour la France, l'Algérie et la 1re zone de l'Union Postale, et de 30 centimes pour la 2e zone; cette dernière catégorie fut retirée du service, de même que la carte postale simple à 15 centimes, par le décret du 7 septembre 1881, à la suite de la suppression des surtaxes maritimes, frappant les correspondances de la 2e zone de l'Union postale. La *carte-lettre* fut mise en service par arrêté ministériel du 24 mai 1886.

Enveloppes et bandes timbrées

L'usage des bandes et enveloppes timbrées suivit de près celui de la carte-postale; la loi du 20 avril 1882 autorisa l'Administration française à en mettre en vente, moyennant une majoration de 1 centime pour trois bandes, en sus de la valeur des timbres, 1/2 centime pour chaque enveloppe timbrée à 5 centimes et 1 centime par enveloppe timbrée à 15 centimes. La même loi autorise les parulitioers à faire imprimer par l'Administration le timbre d'affranchissement sur des bandes ou des enveloppes particulières, moyennant une légère redevance; celle-ci fut fixée à 1 franc par mille bandes et 2 francs par mille enveloppes (décret du 10 août 1882).

Timbres-poste des colonies et des bureaux du Levant

La colonie de la Réunion fut la première à posséder des timbres-poste spéciaux; ceux-ci, au nombre de deux, de 15 et de 30 centimes, furent créés par un arrêté du Gouverneur, en date

du 10 décembre 1851, pour l'affranchissement des correspondances intérieures ; la partie du cadre occupée aujourd'hui par l'effigie, était remplie par un dessin ornemental ; à la partie supérieure était la mention *Ile de la Réunion* et, au bas *Timb. Poste, 15 c.* (ou 30 c.). Ces timbres restèrent en circulation jusqu'au 31 décembre 1859, mais, à cette époque, le public n'était pas encore habitué à affranchir ses lettres, aussi furent-ils très peu vendus et sont-ils, de ce fait, très recherchés des collectionneurs ; leur prix unitaire actuel est d'environ 2.250 francs.

A cette seule exception près, c'est en 1860 que les colonies françaises furent dotées de timbres-poste spéciaux ; le type, commun à toutes les colonies, représente l'aigle impériale entourée d'un cercle et, en exergue : *Colonies de l'Empire Français. Postes.* Les six valeurs, de 1 à 80 centimes, restèrent en circulation jusqu'en 1872 ; à cette époque, après qu'on eut écoulé aux colonies un stock de timbres à l'effigie de Napoléon III, on leur attribua les types en usage en France, et c'est seulement en 1881 qu'un nouveau modèle spécial fut créé : il représente une femme assise, la main droite appuyée sur une ancre et tenant, de la gauche, la hampe d'un drapeau déployé ; au-dessous du personnage est un cartouche, indiquant la valeur du timbre; à droite, on aperçoit un vaisseau ; dans l'angle supérieur de droite est l'inscription *Colonies-Postes* et au bas *République Française.* En 1885, on émit des cartes postales du même genre, à 10 centimes, et à 20 avec réponse payée.

Un nouveau type de timbre-poste, portant le nom de chaque colonie, fut créé en 1892 ; le sujet représente la *Navigation et le Commerce ;* la première tient, de la main gauche, la hampe d'un drapeau et, de la droite, un gouvernail ; le Commerce a la main droite sur la même hampe et, de la gauche, porte une corne d'abondance. Les mots *République Française* et *Colonies-Postes*, sont à la partie supérieure ; le nom de la Colonie est en bas, au-dessous du cartouche portant la valeur du timbre. Deux cartes-postales, deux cartes-lettres et trois enveloppes furent émises en même temps que ce timbre.

On désigne sous le nom de *Bureaux du Levant* les bureaux

de poste français établis en Turquie, au Maroc, en Chine et à Zanzibar, les timbres dont font usage ces établissements sont des timbres français, surchargés de manière à indiquer la valeur en monnaie du pays. C'est ainsi que, pour les bureaux français de Turquie, on émit, en 1885, des timbres du type en cours, dont la valeur était traduite en piastres. En 1893, les bureaux de Cavalle, Dédéagh, Port-Lagos et Vathy, furent munis de timbres sur lesquels, indépendamment de la traduction de la valeur, on a, en outre, porté en surcharge noire le nom de la ville. La même année 1894, le bureau de Shang-Hai reçut des timbres surchargés du mot *Chine*, etc., etc.

Timbres-télégraphe

L'emploi de timbres pour l'acquittement des taxes télégraphiques a été imaginé, tout à la fois, pour la commodité du public, l'accélération des opérations du guichet et la simplification de la comptabilité. Le premier essai en a été fait aux Indes Anglaises, en 1861 : trois valeurs, 4 annas, une et quatre rupees, à l'effigie de la reine Victoria, furent mises en circulation ; cette première série fut remplacée, en 1865, par une autre, plus complète, comprenant 12 valeurs, de 1 anna à 50 rupees ; ce mode d'affranchissement est encore en usage aujourd'hui.

Le premier état européen qui ait adopté le système des timbres-télégraphes est l'Espagne : un décret royal, en date du 20 mai 1864, fut mis en vigueur le 1er juillet suivant ; quatre types furent créés, portant au centre les armes de la Maison d'Espagne, l'indication de la valeur (1, 4, 16 et 20 réaux) et le millésime de l'année d'émission. Cet exemple fut suivi par la Belgique, où un arrêté royal, en date du 25 septembre 1865, autorisa la création de deux types de timbres, de forme hexagonale, portant l'effigie du roi, Léopold I, et l'indication de la valeur, 50 centimes ou un franc ; c'est seulement cinq ans après, en 1871, que parut la seconde série, de même forme que la première, mais à l'effigie de Léopold II, et comprenant cinq valeurs : 10, 25 et 50 centimes, 1 et 5 francs. On revint à la forme rectangulaire en 1889.

L'Administration française fut autorisée, par la loi du 16 juin 1866, à émettre des timbres-télégraphes de 25 et 50 centimes et de 1 et 2 francs; ces figurines ne portent pas, comme les timbres-postes, l'effigie de l'Empereur, mais seulement l'aigle impériale tenant des foudres dans ses serres. Elles furent mises en circulation le 1er janvier 1868. C'est le seul type de l'espèce qui ait été fait en France.

Le timbre-télégraphe fut adopté, en cette même année 1868, par la Suisse, en 1869 par l'Allemagne du Nord, en 1870 par l'Angleterre et la Bavière, en 1871 par la Roumanie, en 1873 par l'Autriche et la Hongrie, en 1877 par la Hollande, etc.

Cartes et enveloppes pneumatiques

Le service pneumatique, qui fonctionnait à Londres depuis 1858, fut installé à Paris, en même temps qu'à Berlin, en 1866. Mais c'est seulement en 1879 que, le réseau étant terminé dans les limites de l'ancien octroi, les télégrammes échangés à l'intérieur de ce périmètre furent l'objet d'une taxe spéciale et furent acheminés par la voie des tubes pneumatiques. Le décret du 25 mars 1879 décidait la mise en circulation, à partir du 1er mai suivant, de cartes spéciales à ce genre de correspondance.

La première *carte-télégramme*, imprimée en carmin sur chamois, portait, à droite, le timbre-poste de 50 centimes en cours (groupe allégorique de Sage, le Commerce et la Paix), avec l'indication « Ne pouvant circuler que dans les limites de l'ancien octroi de Paris ». Une carte fermée, imprimée en noir sur bleu et frappée du timbre de même modèle, mais de 75 centimes, parut en même temps.

Un second type, émis presque simultanément, diffère seulement du premier par le timbre, dû au graveur Chaplain, qui représente la Liberté assise de face et tenant d'un côté une main de justice et de l'autre une corne d'abondance. La carte fermée, à 75 centimes, de même teinte que la première, fut également revêtue du timbre de Chaplain.

Les cartes pneumatiques, ouvertes ou fermées, subirent de

successives modifications ; à partir du 1er février 1882, époque où le réseau des tubes fut étendu à la partie de Paris nouvellement annexée, un plan de la ville, placé au recto, donna l'indication de la partie ouverte au service ; le premier décembre 1884, le réseau pneumatique étant achevé, les cartes portèrent d'abord une surcharge : « valable pour tout Paris », imprimée en travers du recto ; enfin, le premier avril 1885, le plan de Paris fut supprimé.

Parmi les types spéciaux de cartes pneumatiques, on doit citer les *cartes de remboursement de la Caisse Nationale d'Epargne* créées le 15 décembre 1884 et la carte dite du *choléra*, émise à l'occasion de l'épidémie de 1884-1885, destinée à assurer rapidement la vérification des décès et l'inhumation des victimes.

TRANSMETTEUR BAUDOT A BILLES

Par M. P. MERCY,
Inspecteur des Postes et Télégraphes.

Cet appareil, dû à M. Miniotti de Turin, est en somme un manipulateur d'un type particulier et nouveau ; il comporte tout à la fois un *clavier alphabétique*, un *emmagasineur de combinaisons* et un *transmetteur automatique des signaux*.

Clavier et emmagasinage des combinaisons. — Le clavier est semblable à celui d'une machine à écrire (fig. 1). Chaque touche commande un levier pourvu d'un peigne reproduisant en saillies et en creux une combinaison du code Baudot. Le peigne, quand la touche est abaissée, agit sur un jeu de cinq cadres, mobiles autour d'un axe ; ceux qui correspondent aux saillies du peigne sont soulevés, les autres ne sont pas atteints et restent immobiles.

Sur la face supérieure du socle de l'appareil, est disposé un disque d'acier D parfaitement plan, dont la périphérie est dentée ; à chaque dent correspond une rangée de cinq trous percés dans le disque, suivant le rayon aboutissant à la pointe de cette dent.

L'abaissement d'une touche quelconque provoque le déplacement d'un levier qui, au moyen d'une tige d'acier et d'un encliquetage, fait tourner le disque, dans un plan horizontal, d'un angle toujours égal, déterminé par le nombre des dents du disque. Par suite de ce mouvement de rotation, les rangées de trous passent successivement sous un réservoir R contenant des billes d'acier soigneusement polies, calibrées et se déversant sur le disque par cinq conduits disposés également suivant un rayon. Les cinq trous amenés en face du débouché des conduits reçoivent une bille s'ils n'ont déjà été comblés lors d'un passage antérieur ; cette opération se renouvelle indéfiniment chaque fois qu'une série de trous se présente sous les conduits.

Les séries radiales ainsi comblées arrivent ensuite sur cinq ouvertures pratiquées dans une plate-forme métallique située sous le disque ; c'est d'ailleurs sur cette plate-forme que roulent les billes tombées dans les trous.

Les ouvertures de la plate-forme sont, suivant le cas, ouvertes ou fermées. Les cadres déplacés par le mouvement d'une touche agissent chacun sur une pièce coulissante qui découvre une des ouvertures de la plate-forme, au dessous de la bille arrivant en ce moment en regard ; la bille tombe alors et le trou reste vide ; les pièces coulissantes dépendant de cadres non actionnés restent en position de repos, obturent l'ouverture et, par suite, soutiennent les billes. Ainsi, dans une même rangée radiale, certains trous demeurent comblés et d'autres sont vides, et l'ensemble reproduit la combinaison Baudot dépendant de la touche abaissée : les billes figurent les émissions de travail ; les trous, celles de repos. Lorsque cette rangée reviendra, après un tour complet, sous le réservoir de billes, les vides seront comblés, puis d'autres se reproduiront, selon la touche déplacée en ce moment.

Le mouvement des billes est sans fin. En effet, lorsqu'une bille arrive sur l'ouverture de la plate-forme et que celle-ci n'est pas obturée par la pièce coulissante, elle tombe dans un auget donnant accès à un conduit C aboutissant au réservoir de billes, il y a cinq conduits de retour ; ceux-ci sont toujours pleins de billes.

A l'instant où l'opérateur abandonne la touche précédemment abaissée, les cadres actionnés reprennent automatiquement leur position de repos et chassent leur pièce coulissante respective de façon à fermer l'ouverture de la plate-forme. Dans ce mouvement, les pièces coulissantes poussent les billes tombées dans les augets et les forcent à pénétrer dans le conduit de retour correspondant.

Cette poussée transmise aux billes remplissant le conduit, fait tomber dans le réservoir celle qui se trouve à l'autre extrémité, et le cycle recommence.

Transmission automatique des signaux emmagasinés.— Le transmetteur est constitué par un manipulateur de modèle très réduit M dont les ressorts-contacts verticaux sont montés sur des

patins d'acier passant près de la surface supérieure du disque. Quand un patin se trouve au dessus d'un trou vide, il tombe par son poids et amène son ressort-contact sur la réglette reliée à la pile de repos ; s'il rencontre une bille, il est soulevé et son ressort-contact va s'appuyer sur la butée de travail. La longueur du

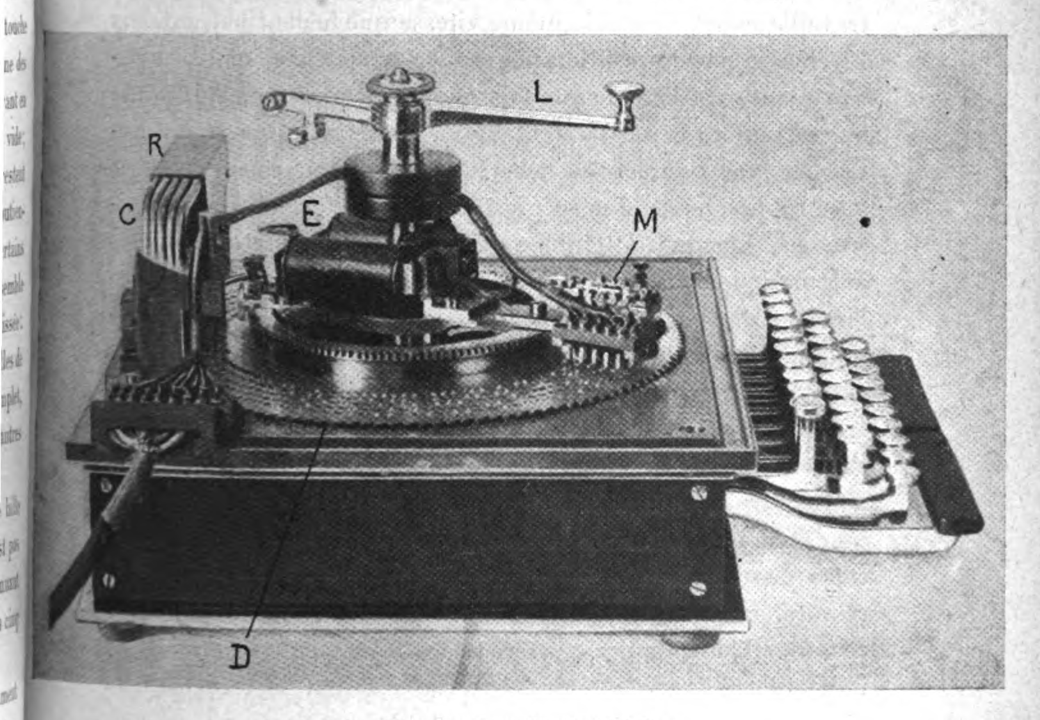


Fig. 1. — Transmetteur Baudot à billes.

patin est telle qu'il peut porter simultanément sur deux billes de deux rangées radiales successives. Les ressorts-contacts restant dans leur position primitive lorsqu'ils doivent la conserver dans la combinaison suivante, la transmission s'effectue donc comme dans le procédé de transmission manuelle dit « à main posée ».

Le manipulateur est porté par un bras de levier pivotant autour de l'axe central du disque. Sur ce bras est monté un électro-aimant E recevant un courant à chaque révolution des balais du distributeur ; l'attraction de l'armature détermine le fonctionnement d'un échappement, provoquant la progression du bras sur

une roue dentée solidaire du disque et en sens inverse du mouvement rotatif de ce dernier. En conséquence, si l'opérateur travaille plus vite que la cadence du distributeur, le bras recule constamment par rapport au mouvement du disque et les combinaisons enregistrées s'accumulent devant lui ; si l'opérateur travaille exactement à la même vitesse que le distributeur, le bras ne change pas de position par rapport à son axe, une combinaison étant expédiée chaque fois que le disque en enregistre une autre ; enfin, quand l'opérateur va moins vite que le distributeur, le bras progresse en sens inverse du mouvement du disque et se rapproche de plus en plus du point de formation des combinaisons. Lorsqu'il atteint ce point, un commutateur substitue automatiquement la pile de repos à celle de travail et la combinaison de cinq repos est envoyée sur la ligne tant que le manipulateur mobile demeure à cet endroit ; c'est la position d'avance extrême par rapport au disque.

Dans la position opposée, c'est-à-dire dans celle de retard extrême, le manipulateur a 132 combinaisons à expédier avant d'atteindre la position de repos, ce qui revient à dire que l'opérateur peut prendre sur le distributeur une avance de 132 révolutions des balais, soit, à la vitesse ordinaire de 180 tours à la minute, un bénéfice de 45 secondes pendant lesquelles il peut cesser sa transmission, porter sur les télégrammes transmis les indications d'usage, tenir un procès-verbal et rechercher un télégramme donnant lieu à demande de rectification.

Un levier L surmontant l'axe central permet de désencliqueter le bras et de le faire revenir en arrière, afin d'effectuer la répétition de toutes les combinaisons encore enregistrées sur le disque. On peut également immobiliser le bras dans une position déterminée pour répéter en permanence une combinaison de réglage, par exemple, pour l'orientation des secteurs de réception ou la mise au point du relais.

Conclusions. — Au moment où la transmission automatique appliquée au Baudot est à l'ordre du jour, on peut dire que le système Miniotti vient à son heure ; car il constitue un moyen terme entre la transmission manuelle et la transmission automatique par bande perforée.

Le nouvel appareil ne permet pas de préparer une grande quantité de travail d'avance comme cela est possible avec la bande perforée ; mais il donne, comme avec celle-ci, la faculté d'atteindre le rendement maximum théorique de l'appareil Baudot, l'employé effectuant au surplus toutes les opérations accessoires d'écriture.

Si le système italien ne possède pas tous les avantages de la transmission par bande perforée, il réalise, par contre, une économie considérable sur cette dernière, parce que la bande, qui doit être d'un papier de préparation spéciale et délicate, coûte cher et que la consommation est importante. Le procédé de la bande perforée exige la constitution préalable d'un stock de rouleaux de ce papier, stock constamment renouvelé afin d'assurer la continuité du service. Pendant la dernière guerre, ces approvisionnements, en raison de la pénurie de pâte à papier, étaient très difficiles et très onéreux. Enfin l'accumulation de travail préparé d'avance qu'on peut obtenir par la bande perforée n'est pas sans inconvénients sérieux, dont le moindre est constitué par le retard considérable que doit subir tout télégramme objet d'une rectification, celle-ci devant prendre rang après tous les télégrammes préparés et en instance de transmission.

D'autre part, le manipulateur Miniotti ne comporte aucune cadence de transmission, et n'importe qui, ignorant le code Baudot, peut transmettre immédiatement. Cette qualité est de nature à en recommander l'emploi dans les postes d'intérêt privé utilisant l'appareil Baudot.

Enfin l'appareil italien, de construction robuste et bien étudiée, de dimensions restreintes, peut se monter en quelques minutes sur n'importe quelle installation Baudot.

Quel que soit le sort que l'avenir réserve à cette innovation, elle constitue une solution très ingénieuse, et digne d'être signalée parmi les perfectionnements incessants de l'appareillage télégraphique.

Service d'Études et de Recherches Techniques
DE L'ADMINISTRATION DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES.

Sur l'entretien simultané de plusieurs circuits oscillants par une même lampe à grille [1].

Excitation séparée d'un oscillateur. — Dans le mode le plus habituel d'entretien d'oscillations électriques par une lampe à grille, on dispose le circuit oscillant C L sur le circuit de plaque de la lampe (fig. 1) et on couple la bobine L de ce circuit à une bobine A intercalée dans le circuit de grille.

On provoque ainsi des variations du potentiel de grille synchrones des oscillations du circuit. Il en résulte des variations d'intensité du courant dans le circuit de plaque et c'est la force électromotrice d'induction, produite par le courant variable le long de la bobine L, qui entretient les oscillations. Celles-ci atteignent un régime stable, lorsque cette force électromotrice devient à chaque instant égale à la chute ohmique de tension le long du circuit.

Il n'est pas nécessaire que les variations du potentiel de grille, qui déterminent les variations d'intensité du courant de plaque et l'entretien des oscillations du circuit C L, soient obtenues par un couplage entre les deux circuits de grille et de plaque de la lampe. Rien n'empêche de les produire en utilisant les oscillations d'un autre circuit C′ L′ (fig. 2) pourvu que celui-ci soit accordé sur le circuit C L à entretenir. Comme il suffit de très peu d'énergie pour produire des variations périodiques du potentiel de grille d'une lampe, la puissance à mettre en jeu dans le circuit C′ L′ est beaucoup plus faible que celle qu'il s'agit d'obtenir dans le circuit C L.

---

(1) Note remise par M. Gutton, Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy, Membre du Comité Technique des Postes et Télégraphes.

La figure 2 indique un moyen de réaliser cet entretien séparé des oscillations d'une grille de lampe. On produit avec une petite lampe des oscillations peu intenses du circuit C′ L′ et au lieu de coupler la bobine de grille A à C L, on la couple à C′ L′.

En modifiant la capacité du condensateur C′, on constate, lorsque les deux circuits sont exactement à l'accord, que les oscillations du circuit C L s'amorcent; on les amène à la plus grande

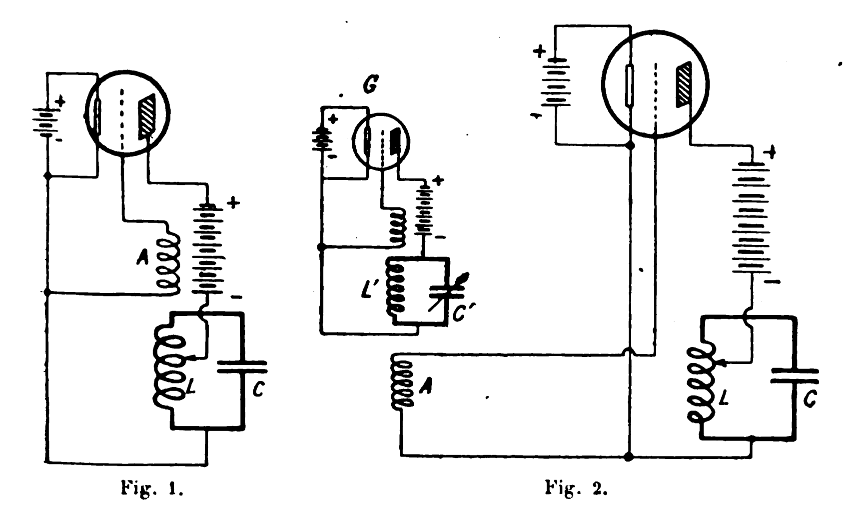


Fig. 1. Fig. 2.

intensité en réglant le couplage de la bobine A et le nombre des spires de la bobine L intercalées sur le circuit de plaque.

Entretien simultané de plusieurs circuits oscillants par une même lampe. — En disposant sur le circuit de grille de la lampe plusieurs bobines A A′ (fig. 3) que l'on couple à plusieurs générateurs d'oscillations G_1 G_2 de petite puissance, on superpose sur la grille des variations de potentiel de plusieurs fréquences différentes. On retrouve ces variations dans le courant de plaque. Un circuit oscillant C_1 L_1 intercalé sur le circuit de plaque résonne s'il est accordé sur l'une des fréquences, un second circuit C_2 L_2 est également entretenu, s'il est accordé sur une autre fréquence. On peut par ce procédé obtenir par le même circuit de plaque l'entretien d'un grand nombre de circuits oscillants de fréquences quelconques.

Comme la puissance que peut fournir la lampe est limitée, l'intensité du courant dans l'un des circuits diminue, lorsqu'ayant accordé l'autre, on y provoque l'amorçage d'oscillations.

Obtention d'oscillations à amplitude périodiquement variable. — Par deux oscillateurs de fréquences très peu différentes, entretenons les variations du potentiel de grille d'une lampe et intercalons sur le circuit de plaque un seul circuit oscillant accordé sur la fréquence moyenne.

Deux oscillations de périodes très voisines s'entretiennent simultanément le long de ce circuit. Les interférences de ces deux oscillations y produisent des battements et on obtient un courant de haute fréquence à amplitude périodiquement variable. Un détecteur et un téléphone font entendre ces battements.

Par ce procédé on arrive donc facilement à produire le long d'une antenne radiotélégraphique des oscillations qui peuvent être reçues, comme celles des postes à étincelles, sans hétérodyne. On est maître de choisir dans toute l'étendue des fréquences musicales la hauteur de son la mieux adaptée à la réception et de changer à volonté cette hauteur.

Entretien d'oscillations de fréquence double de la fréquence excitatrice. — L'entretien d'oscillations par excitation séparée de la grille (fig. 4) permet d'entretenir un circuit oscillant C L accordé sur la fréquence double de celle que fournit l'oscillateur G. On réalise ainsi un doubleur de fréquence.

Pour y arriver, on baisse la tension de grille de la lampe en ajoutant en série avec la bobine de grille A une pile P dont le pôle négatif est du côté de la grille, ce qui en l'absence d'oscillations, supprime le courant de plaque.

En choisissant convenablement la force électromotrice de la pile P, on peut faire en sorte que celui-ci apparaisse dès que le potentiel de grille s'élève et reste nul lorsqu'il s'abaisse. Dans ces conditions, les oscillations du potentiel de grille, produites par l'oscillateur G, provoquent des variations du courant de plaque, pour lesquelles l'une des alternances est supprimée. Il est facile de se rendre compte, que dans un tel courant pério-

dique existe un harmonique de fréquence double très intense. Un circuit oscillant C L, accordé sur cette fréquence double et intercalé sur le circuit de plaque, sera entretenu.

En faisant varier le nombre d'éléments de la pile P, on lui trouve une force électromotrice bien définie, pour laquelle un ampèremètre thermique intercalé sur le circuit C L indique une intensité maximum. Une mesure à l'ondemètre permet de véri-

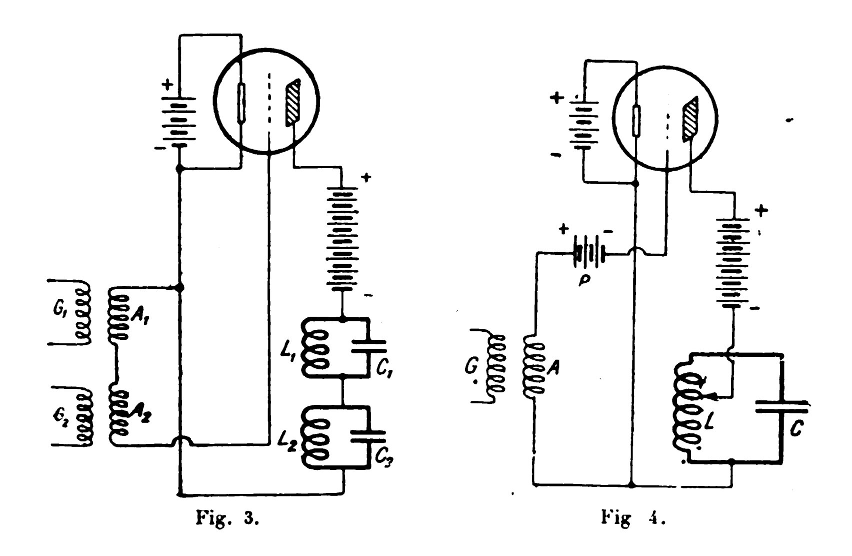


Fig. 3. Fig 4.

fier que la fréquence obtenue est double de la fréquence de l'oscillateur G qui sert d'excitatrice.

La puissance mise en jeu dans le circuit G L sans être aussi grande que celle qui serait obtenue pour des fréquences égales des deux oscillateurs en diffère cependant peu.

Entretien simultané des oscillations d'un circuit oscillant et des oscillations de circuits accordés sur les harmoniques. — La possibilité d'entretenir, en employant une excitation séparée, des oscillations de plusieurs circuits de fréquences quelconques par une même lampe, amène à rechercher ce qui se produit, lorsque revenant au mode ordinaire d'entretien des oscillations sans excitation séparée, on embroche plusieurs circuits oscillants C_1 L_1,

C_2 L_2 (fig. 5) sur le circuit de plaque d'une même lampe et qu'on couple à chacun de ces circuits des bobines de grille A_1 A_2.

Voici quels sont les résultats fournis par cet essai.

Lorsque les fréquences propres aux deux circuits C_1 L_1 et C_2 L_2 sont sans rapport simple entre elles, on ne peut plus les entretenir. Des oscillations s'amorcent dans l'un d'entre eux seulement, celui pour lequel le couplage avec le circuit de grille étant plus serré, la stabilité des oscillations est plus grande.

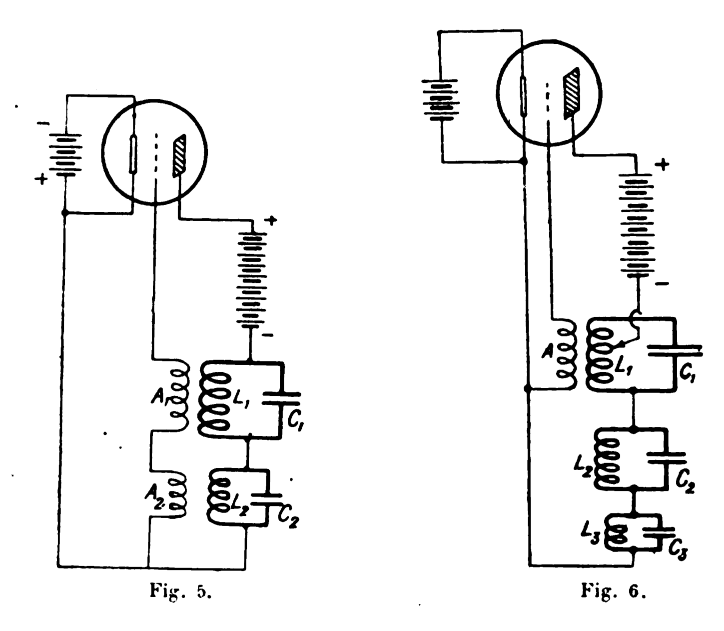


Fig. 5. Fig. 6.

Si, augmentant le couplage de l'autre on y amorce des oscillations, celles-ci cessent dans le premier circuit.

Le couplage qui détermine l'amorçage sur l'un des circuits est plus grand que celui qui les fait cesser et passer à nouveau sur l'autre.

Toutefois, si l'un des circuits a une fréquence propre égale à un sous-multiple de la fréquence de l'autre, l'entretien simultané devient possible. Il n'est plus même nécessaire de coupler une bobine de grille au circuit à plus courte période.

En intercalant sur un même circuit de plaque (fig. 6) un circuit C_1 L_1 dans lequel on entretient des oscillations et des cir-

cuits C_2 L_2, C_3 L_3 accordés sur les harmoniques, tous ces circuits harmoniques s'entretiennent en même temps que le circuit principal.

L'intensité efficace dans les circuits harmoniques est d'autant plus grande que le circuit principal est plus couplé, tant au circuit de grille, qu'au circuit de plaque de la lampe.

Lorsqu'intercalant une pile sur le circuit de grille on baisse ou on élève le potentiel moyen de la grille, l'intensité du courant dans les circuits harmoniques augmente.

Il est possible d'obtenir dans les circuits accordés sur les harmoniques 2 ou 3, une intensité de courant presque égale à celle qui s'entretient dans le circuit principal.

L'intensité des courants harmoniques devient très faible lorsque les couplages du circuit oscillant principal avec les circuits de la lampe sont les plus petites valeurs compatibles avec l'entretien d'oscillations et lorsque la tension de grille est telle que le point de fonctionnement sans oscillations se trouve au voisinage du point d'inflexion de la caractéristique de plaque de la lampe.

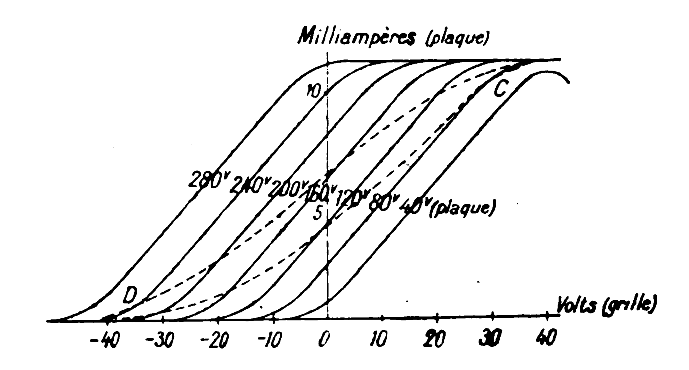
En ajoutant au circuit principal un circuit, dont on peut faire varier la période, on isole successivement tous les harmoniques. On les trouve jusqu'à un ordre très élevé. Lorsque l'accord du circuit harmonique n'est pas parfait, les oscillations qui y prennent naissance sont beaucoup moins intenses, mais les oscillations forcées qui y prennent naissance ont, non pas la période propre du circuit, mais la période de l'harmonique du circuit principal.

On obtient ainsi les oscillations harmoniques même si l'accord n'est pas rigoureusement exact. Ces oscillations sont assez intenses pour qu'un très faible couplage avec un ondemètre sans amplificateur permette la mesure de leur fréquence.

On a, par là même, un moyen différent de celui du multivibrateur de M. Abraham ou du procédé de synchronisation de plusieurs oscillateurs de M. Mercier (*C. R. Ac. des Sciences*, 13 fév. 1922) d'obtenir des oscillations dont les fréquences sont dans un rapport simple connu. Ce procédé isole facilement, dans un circuit oscillant, séparé, une oscillation harmonique intense, sans qu'il soit nécessaire d'employer, à cet effet, plusieurs lampes.

Il pourrait servir à entretenir simultanément, dans une antenne couplée au circuit principal et au circuit harmonique d'ordre 3, des oscillations en quart d'onde et en trois quarts d'onde.

Sur les conditions de production des oscillations harmoniques. — Les particularités que présente l'entretien simultané par une lampe d'un circuit principal et d'un circuit harmonique s'expliquent facilement par la forme des réseaux des caractéristiques de plaque de la lampe (fig. 7).



Lorsque les couplages du circuit oscillant et des circuits de grille et de plaque sont les plus petits couplages compatibles avec l'entretien d'oscillations, lorsque d'autre part le point de fonctionnement initial se trouve au voisinage du point d'inflexion de la caractéristique, ce point de fonctionnement, lorsque les tensions de grille et de plaque oscillent, décrit une courbe fermée qui reste dans la région où les caractéristiques sont à peu près rectilignes.

Des oscillations sinusoïdales du potentiel de la grille provoquent alors des oscillations presque exactement sinusoïdales du courant de plaque. Les harmoniques de ce courant sont alors peu intenses et n'entretiennent que faiblement des circuits harmoniques intercalés en série avec le circuit principal.

Lorsqu'au contraire le point de fonctionnement, lors des oscillations, pénètre profondément dans les régions courbées des

caractéristiques, des oscillations sinusoïdales du potentiel de grille donnent naissance à des variations non sinusoïdales du courant de plaque.

On obtient ce mode de fonctionnement, soit par une augmentation de couplage du circuit oscillant avec le circuit de grille, qui amène le point de fonctionnement aux extrémités de son parcours sur les parties horizontales supérieures et inférieures des caractéristiques ; soit par une augmentation du couplage avec le circuit de plaque, qui baisse, pour l'une des alternances, la tension de plaque au-dessous de la valeur qui correspond au courant de saturation ; soit, enfin, en élevant ou en abaissant le potentiel de grille jusqu'à amener le point de fonctionnement initial dans les régions très courbées ou horizontales des caractéristiques.

Dans ces conditions, le courant de plaque contient outre l'oscillation principale, des oscillations harmoniques intenses. Lorsqu'on le fait passer dans un circuit oscillant, accordé sur l'une de ces oscillations, l'impédance de ce circuit, s'il est peu résistant, est énorme pour cette fréquence. Le circuit résonne et supprime du courant de plaque l'oscillation correspondante.

Pour toute autre fréquence, l'impédance est faible et le circuit ne la supprime pas. Un autre circuit oscillant accordé sur elle l'arrête et résonne.

Chacun des circuits oscillants, s'il est peu résistant, est ainsi le siège d'oscillations sinusoïdales presque pures, dont les périodes sont les harmoniques de l'oscillation du circuit à plus basse fréquence.

La suppression des harmoniques du courant de plaque par l'interposition de circuits oscillants, a pour effet d'augmenter l'intensité dans le circuit principal, toutes les fois que ces couplages avec les circuits de grille et de plaque sont supérieurs à ceux qui correspondent à la limite d'entretien.

Pour les couplages limites, les harmoniques étant très faibles, leur suppression est presque sans effet.

Pour les couplages très faibles et des oscillations peu stables, la suppression des harmoniques produit, au contraire, une baisse du courant dans le circuit principal.

Lorsqu'afin d'augmenter le rendement d'un oscillateur à lampes, on baisse le potentiel de grille en intercalant une pile sur le circuit de grille, on introduit des harmoniques dans le courant de plaque. Il y a intérêt à les supprimer par des circuits oscillants accordés, car on augmente alors d'une façon notable l'intensité dans le circuit principal. On augmente, il est vrai, un peu le courant moyen dans le circuit de plaque, mais le rendement total se trouve cependant élevé et l'échauffement de la lampe diminué, ce qui pour les lampes de grande puissance peut présenter de l'intérêt.

COMITÉ TECHNIQUE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES.

Choix d'un type de récepteur téléphonique.

Le Comité technique a récemment examiné les résultats d'un concours ouvert par l'Administration pour le choix d'un type de récepteur serre-tête. Comme le serre-tête proprement dit des approvisionnements actuels de l'Administration donne satisfaction, le concours a porté surtout sur les qualités du récepteur téléphonique. Il a été suivi par onze maisons de construction et les appareils présentés ont été soumis à un examen méthodique qui a porté sur les points suivants (1).

Essais électriques.

Mesure de l'efficacité d'audition en montage à batterie locale.

Mesure de l'efficacité d'audition en montage à batterie centrale.

Mesure de la netteté d'audition.

Epreuve de durée ayant consisté en 270 heures de travail effectif.

Mesure de l'efficacité d'audition après l'épreuve de durée.

Mesure de la netteté d'audition après l'épreuve de durée.

Relevé des cercles d'impédance cinétique suivant la méthode Kenelly.

Essais mécaniques.

Mesure des poids des récepteurs serre-tête.

Examen de la construction du boîtier, de la membrane, du pavillon.

---

(1) La description des méthodes d'essais électriques a déjà été donnée dans les *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* (année 1921, pages 302 et suivantes).

Examen du mode de fixation de l'aimant permanent, des pièces polaires, des bobines.

Examen du mode de détermination de l'entrefer.

Il a été constaté que les deux récepteurs classés les premiers quant aux qualités de la construction étaient également les premiers quant à l'efficacité et à la netteté d'audition. Le Comité technique a émis le vœu que le réglage de l'entrefer soit obtenu par construction sans interposition d'aucune bague de laiton entre la membrane et ses portées d'encastrement. La réalisation de ce vœu suppose obligatoirement que la portée d'encastrement du pavillon doit être dressée au tour. Il faudra aussi que l'assemblage de l'aimant et des bobines dans le boîtier ne soit jamais plus défait une fois le récepteur mis en service — le plan d'affleurement des pièces polaires ayant été meulé à l'écartement d'entrefer exactement calibré par rapport au plan de la portée d'encastrement du boîtier.

Le récepteur qui a été classé premier (1) pèse 140 grammes, il a manifesté une efficacité d'audition (après épreuve de durée) de 2 m. c. s. 45 supérieur à l'étalon (2), et une netteté d'audition (après épreuve de durée) égale à 79, 6 °/₀ supérieure à l'étalon.

(1) Présenté par la Société Ericsson.
(2) Voir la définition des unités de mesure employées, dans les *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* (*loc. cit.*, au précédent renvoi).

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Périodiques en langue française, par M. Taffin, Directeur des Postes et Télégraphes. — Périodiques en langues étrangères, par MM. Cauchie, Inspecteur des Postes et Télégraphes, et Lavoignat, contrôleur des Postes et Télégraphes.

PÉRIODIQUES EN LANGUE FRANÇAISE.

Les applications de la téléphonie sans fil aux États-Unis (*Radio Électricité :* mars 1922). — Des arrangements, en vue de desservir les fermiers de New York, de New Jersey et de Eastern Pensylvania, ont été conclus entre le Département d'État et la Westinghouse electric and manufacturing Company. Tous les jours à midi, il est envoyé un compte rendu sommaire des cours des fruits et des légumes, pendant les premières heures de la matinée. Vers six heures, on transmet un résumé plus complet des cours du marché en gros pour le beurre, les œufs, le fromage, la volaille, le fourrage et tous autres articles. C'est là le premier essai dans l'Est de la transmission aux fermiers des nouvelles du marché par radiophone, méthode qui est déjà largement employée dans l'Ouest. L'avantage du radiophone comparé au radiotélégraphe, qui fut employé l'été dernier par le Département d'État, « est évidemment que toute personne peut recevoir le message comme par téléphone ». La portée du poste de Newark est d'environ 300 milles et la longueur d'onde de 360 mètres.

Les personnes qui ont des appareils de réception radio-électrique dans les bourgades et dans les campagnes ont été avisées par le Département d'État de recueillir les informations expédiées quotidiennement et de les communiquer aux fermiers du voisinage.

Ces cours n'ont pas trait seulement aux prix de vente sur le marché en gros de New York, mais ils résument des informations provenant d'autres marchés nationaux qui ont été transmises auparavant par le Bureau des Marchés des États-Unis.

Les conditions des marchés, pour les différents produits agricoles de l'Ouest, sont comparées au moins trois fois par semaine, en ce qui concerne les marchés les plus importants.

Ceci est le premier pas pour la réalisation d'un plan tendant au développement de la radiotéléphonie pour les informations relatives aux cours.

Plusieurs États sont d'ores et déjà décidés à y participer avec l'assistance du Federal Market Bureau.

Ecole Supérieure des postes et télégraphes : centre d'études techniques. — Les formidables progrès de la technique des téléphones et des télégraphes ont rapidement transformé une école d'abord modeste, l'École supérieure des postes et télégraphes, en un grand centre d'études.

Pour la première fois cette année, l'École supérieure compte 80 élèves, dont 40 élèves ingénieurs sortant pour la plupart de Polytechnique, et destinés à entrer dans « l'état-major » des postes et télégraphes.

L'École supérieure, fondée en 1878, est divisée en deux sections : la section des rédacteurs élèves et celle des élèves-ingénieurs.

La section des rédacteurs élèves, qui a pour but de compléter l'instruction professionnelle du personnel supérieur, est en quelque sorte l' « École de guerre » des postes et télégraphes. Les agents y sont admis par concours et sont extrêmement méritants, ayant dû, pendant plusieurs années, fournir, en dehors de leur service, un travail intellectuel considérable. C'est de cette pépinière que sont sortis la plupart des fonctionnaires de rang élevé.

La section des élèves-ingénieurs est l'école d'application où se forment les ingénieurs télégraphistes et téléphonistes de l'État, ainsi que des techniciens pour l'industrie, qui sont admis comme auditeurs libres.

La durée de l'enseignement est de deux ans. Des savants illustres ont professé dans cette école : Henri Poincaré, pendant neuf ans, y fit des conférences d'électricité théorique, dont quelques-unes, comme celles sur la *Propagation du courant en période variable sur une ligne munie d'un récepteur*, demeurent parmi les œuvres originales

de ce grand savant; Curie et Lippmann apportèrent également tour à tour l'appoint précieux de leur science; de même l'ingénieur des télégraphes Vaschy, le génial précurseur en matière de téléphonie à grande distance. Les professeurs actuels sont, pour certaines matières d'un intérêt général, des personnalités étrangères à l'administration, comme M. Abraham, professeur à la Sorbonne, M. Rolland, professeur à la Faculté de droit.

Pour les cours qui traitent plus spécialement de la technique, les professeurs sont des ingénieurs ou des fonctionnaires de l'administration, éminents, praticiens de haute valeur, de l'école de Baudot et de Picard.

Parmi ces cours, on peut citer : l'étude mathématique de la transmission sur les lignes téléphoniques; celle des réseaux urbains et de l'équipement des grands centraux ; celle des appareils télégraphiques à grand rendement, des câbles sous-marins, de la construction des lignes; celle de la télégraphie et de la téléphonie sans fil, de l'architecture, etc...

Le centre d'études qu'est l'École supérieure s'est considérablement élargi depuis la guerre, par le développement du service d'études et de recherches techniques, né en partie du besoin de collaboration qui se fit alors sentir entre les services militaires et les administrations civiles. Le service d'études effectue, dans ses laboratoires, des essais et des recherches en vue de perfectionner le matériel technique en profitant des découvertes nouvelles de la science.

Ces laboratoires, installés au cours des deux dernières années, ne le cèdent en rien aux laboratoires analogues de l'étranger. Ils occupent de vastes locaux communiquant directement avec l'amphithéâtre de l'école, ce qui permet de préparer très facilement au laboratoire les expériences délicates, qui sont plus tard montrées aux élèves.

Ils comportent notamment : une salle de mesures télégraphiques et téléphoniques agencée de manière à permettre d'effectuer toutes les mesures électriques possibles (mesures en courant continu, mesures en courant alternatif à basse et à haute fréquence, études oscillographiques); une salle de téléphonométrie pour l'étude des qualités de transmission et de réception des appareils téléphoniques d'abonnés, des microphones et des récepteurs; différentes salles

d'essais télégraphiques ou téléphoniques ou radiotélégraphiques ; un laboratoire de photographie et de tirage des bleus ; un atelier de mécanique et un atelier de menuiserie d'un agencement très moderne pour fabriquer n'importe quel modèle d'appareil nouveau.

Les élèves-ingénieurs travaillent dans les laboratoires et effectuent notamment, dans la salle des mesures, des mesures électriques de toutes sortes aux fréquences téléphoniques et télégraphiques, en utilisant les instruments les plus modernes et les plus perfectionnés.

Le service d'études, non seulement entreprend dans ses laboratoires des recherches originales sur tous les points intéressant le télégraphe et le téléphone avec ou sans fil, mais encore se tient constamment au courant de ce qui se fait dans les pays à grand développement télégraphique et téléphonique grâce à des missions que des ingénieurs effectuent chaque année dans ces pays. Les rapports de missions sont publiés dans les *Annales des postes, télégraphes et téléphones*, revue fondée en 1910, paraissant tous les deux mois, qui est en quelque sorte le bulletin officiel de l'École supérieure.

En outre, l'École des postes et télégraphes a tenu à propager l'enseignement qu'elle dispense. Il eût été regrettable, en effet, que des cours professés avec tant de science et tant de compétence technique ne fussent pas mis à la portée du personnel et de l'industrie. C'est pour cette raison que fut créée, en 1911, la *Bibliothèque des Annales des postes, télégraphes et téléphones*. Puis, peu à peu, à ces cours, tenus constamment à jour par des rééditions fréquentes, vinrent s'adjoindre des traductions de livres étrangers permettant de connaître les méthodes en usage hors de France. Avant 1911, il n'existait guère plus de trois ou quatre ouvrages français intéressants sur la technique télégraphique et téléphonique ; aujourd'hui la bibliothèque des *Annales* ne comprend pas moins de 35 volumes.

PÉRIODIQUES EN LANGUES ÉTRANGÈRES.

Réminiscences anglaises sur la guerre et importance d'une collaboration entre le laboratoire et l'usine (*Post Office Electr. Engin. Journal* : janvier 1922).

Au cours de la dernière guerre, l'Angleterre a été très éprouvée

par suite du manque de collaboration entre les savants et les fonctionnaires chargés du matériel de guerre. Lorsqu'en 1914, au début de l'automne, le Corps expéditionnaire britannique débarqua en France, il ne disposait que d'un matériel télégraphique et téléphonique démodé, eu égard aux progrès les plus récents réalisés dans la science des communications. Il est exact que, sauf peut-être M. Bloch, personne ne s'attendait à ce que la guerre de mouvement se transformât si rapidement en guerre de siège ; toutefois, il n'est pas un technicien qui n'aurait pu prévoir qu'un poste téléphonique de campagne fonctionnant avec un tableau à 4 directions et un vibrateur d'appels sur un fil simple constituerait un procédé peu sûr en face d'une armée aussi scientifiquement équipée que l'armée allemande. La fin désastreuse du raid de la cavalerie russe à Tannenberg (Prusse Orientale) dès le début des hostilités était presque exclusivement imputable à la supériorité des Allemands dans le domaine de la radiotélégraphie ; il est permis de dire que l'échec des Anglais à Neuve-Chapelle, Festubert et Loos et ailleurs, provenait de ce qu'on ne s'était pas rendu compte qu'en arrière de ses lignes, l'ennemi captait les communications destinées à nos troupes. On a expliqué comment les Allemands étaient renseignés sur les mouvements des Anglais, comment ils savaient le numéro du bataillon qui venait de monter en ligne d'après les sonneries et le refrain du bataillon. Et pourtant les méthodes employées par l'ennemi étaient connues en Angleterre aussi bien qu'en Allemagne puisqu'au début de 1914 le service des Recherches du *Post Office* avait essayé une lampe à vide Lieben-Reiz et publié un rapport à son sujet.

Notre intention n'est pas de railler l'armée sur sa lenteur à appliquer les méthodes les plus modernes de la science électrique pratique; elle s'est d'ailleurs sérieusement amendée par la suite puisque dès la fin de 1916, en 1917 et 1918, l'équipement des armées britanniques était, à tout point de vue, notablement supérieur à celui des armées de l'adversaire. D'ailleurs, on a déjà rendu hommage aux services techniques du *Post Office* à ce propos. Mais le point sur lequel nous tenons à insister, c'est la suprême importance d'une étroite collaboration entre le laboratoire et l'usine; il importe de tirer le maximum de profits des résultats obtenus par les physi-

ciens, les chimistes, les métallurgistes à la suite de leurs patientes recherches. Les travaux de Thomson et de Richardson, de Soddy et de Rutherford ont bouleversé nos conceptions de la matière et de l'électricité ; il semble bien que nous marchons à pas de géants vers le jour où l'on pourra mettre au service de l'humanité l'énergie contenue dans un atome, après l'avoir captée et domestiquée.

Les savants effectuent des reconnaissances dans l'inconnu ; derrière eux, viennent les ingénieurs dont le devoir consiste à consolider le terrain conquis et à faire passer dans le domaine pratique les découvertes faites par les premiers. La plupart des firmes techniques, solides et jouissant d'un bon renom, ont reconnu aujourd'hui la nécessité et l'importance des recherches scientifiques ; aux frais de production proprement dits, elles ajoutent un pourcentage destiné à couvrir les frais d'installation et de fonctionnement de leurs laboratoires. Elles ont tout intérêt à agir ainsi; il n'est aucune maison, jalouse de la réputation que lui valent la qualité irréprochable des matériaux et le fini de la construction, qui veuille courir le risque de ternir cette réputation en livrant un matériel défectueux et impropre ou en adoptant des méthodes de fabrication non mises au point.

Logé à l'étroit dans la vieille salle d'essais et l'atelier technique installé au sous-sol du bureau de Londres-Ouest, le service des Recherches du *Post Office* a été pendant longtemps obligé de travailler dans des conditions lamentables. Depuis qu'elle est installée dans les nouveaux laboratoires de Dollis Hill, la section technique a eu l'occasion de poursuivre ses recherches sur une plus grande échelle, et de se transformer en un organe pouvant répondre aux exigences d'un service qui, après tout, est l'une des plus grandes entreprises techniques de la nation.

Institut des administrations publiques anglaises (*Telegraph and Telephone Journal*: mars 1922). — La fondation de l'Institut des Administrations publiques est un événement qui fera époque dans l'histoire des services civils. L'Institut se propose d'élever et de conserver par tous les moyens possibles l'idéal élevé des services civils, et d'une manière générale, de tous les services

publics; de développer la valeur professionnelle, d'améliorer la situation de tous les serviteurs de l'État et de rechercher les moyens de compléter l'instruction et l'éducation des fonctionnaires civils. L'Institut sera composé de membres honoraires, actifs et associés. Tous les employés des services publics pourront être admis comme membres associés. La cotisation annuelle est fixée à 10 shillings 6 pences (environ 13 francs au cours d'avant-guerre). Les membres sont tenus de justifier qu'ils ont appartenu pendant trois ans au moins aux services d'administration ou d'exploitation ; les membres associés seront élus membres actifs à la suite d'un examen spécial. Les membres honoraires seront recrutés parmi les fonctionnaires qui se seront distingués à la tête des services importants d'une administration publique ou qui auront contribué dans une large mesure au développement des intérêts professionnels des fonctionnaires de l'État, des communes et des entreprises publiques. Une revue trimestrielle, publiée par les soins de l'Institut, sera servie à tous les membres quelle que soit leur catégorie. C'est une chance inespérée, et dont l'importance est grande, qui s'offre à tous les membres des organisations télégraphiques et téléphoniques.

Le câble téléphonique Boston-Chicago (*Telephony* : décembre 1921). — L' « American Telephone and Telegraph C° » achève de poser entre Harrisburg et Pittsburgh un câble téléphonique long de 320 kilomètres.

Lorsqu'il sera relié aux câbles qui fonctionnent actuellement entre Boston, New York, Philadelphie, Harrisburg, le nouveau câble constituera, avec ceux-ci, le plus grand réseau téléphonique du monde entier. La section Boston-Pittsburgh (vià New York et Philadelphie) est longue de 985 km.

Comme chacun sait, les lignes aériennes présentent de nombreux inconvénients dont le principal est l'interruption du service sur les circuits exposés aux intempéries, à l'époque des tempêtes et des abondantes chutes de neige. C'était afin d'assurer la protection efficace des lignes les plus importantes, que l'on avait construit en souterrain le câble téléphonique Boston-Washington ; depuis 1913

(date de sa mise en service), ce câble a fonctionné sans arrêt, d'une manière absolument satisfaisante.

Les devis du câble Boston-Washington avaient été établis avant l'invention des relais téléphoniques; c'est pourquoi on avait dû employer des fils de fort calibre (n° 10 jauge Brown et Sharpe) pour les plus longs circuits.

Aujourd'hui grâce aux relais téléphoniques on peut échanger simultanément des communications téléphoniques et télégraphiques à une distance de 1.600 km., sur un câble dont les conducteurs en cuivre sont du calibre n° 19 (jauge Brown et Sharpe).

Si l'on considère que les longs circuits de ce calibre se présentent sous la forme de paires combinables, on voit qu'un câble de ce genre permet d'assurer un aussi bon service entre Washington et Boston avec un poids total de cuivre 4 fois et demie moindre que celui des lignes aériennes.

Pour donner une idée de l'importance des travaux de construction du câble, qui comprend la section Pittsburgh-Harrisburg (320 km), nous citerons quelques chiffres. Le câble a un poids total supérieur à 4.000 tonnes; il a fallu raccorder plus de 2.000 sections de câble; les joints soudés ont entraîné une dépense de 20 tonnes de soudure, de 15 tonnes de paraffine et de 7.000 m² de mousseline. Plus de 10.000 poteaux en châtaignier de 7 m. 60 ont été nécessaires pour construire la ligne. Placés bout à bout les conducteurs du câble auraient une longueur de 262.270 kilomètres. Le câble renferme de 220 à 290 circuits téléphoniques, et de 175 à 200 circuits télégraphiques qui peuvent être exploités en même temps que les premiers. Pour supporter un même nombre de circuits aériens, il faudrait construire 8 lignes sur poteaux, chacune étant composée de 40 fils.

A l'heure actuelle, trois lignes aériennes complètes sont nécessaires pour écouler le trafic interurbain entre Pittsburgh et les villes situées plus à l'est. L'itinéraire suivi par ces trois lignes ne permet pas d'installer de nouveaux circuits aériens ; la topographie de la Pennsylvanie est telle qu'il est impossible d'adopter de nouveaux itinéraires qui se prêteraient à la construction moins coûteuse d'un certain nombre de lignes nouvelles.

On s'attend à ce que cette région se développe très rapidement, à tel point qu'avant douze ans il faudra pour écouler le trafic plus de 350 circuits au lieu des 175 qui, actuellement, relient entre elles les villes échelonnées le long de la route suivie par le câble.

Le manque d'itinéraires convenables pour construire une nouvelle ligne sur appuis à l'est de Pittsburgh créait une situation précisément telle que seul un câble pouvait permettre d'y faire face. Des études techniques nombreuses et très poussées ont permis d'estimer à l'avance les futures exigences du trafic téléphonique et d'établir les devis relatifs au câble et aux divers appareils associés, en donnant à chacun des divers types de circuit l'efficacité de transmission qui permettra d'assurer le meilleur service possible avec le minimum de frais.

Les circuits téléphoniques du câble sont en partie du type bifilaire et en partie du type à 4 conducteurs (fil n° 19, jauge Brown et Sharpe).

Le circuit à 4 fils avec répéteur peut être assimilé au circuit à relais du type n° 22 ; il existe toutefois une différence qui provient de ce que les bobines et les circuits d'équilibre qui, pour le type n° 22, existent dans chaque poste de relais, sont pour le type à 4 fils, placés aux extrémités de la ligne, des répéteurs à sens unique étant intercalés, en nombre convenable, sur chacun des deux circuits de raccordement.

Un répéteur à 4 fils est très avantageux en ce sens qu'il permet de compenser l'affaiblissement de la ligne sans qu'il se produise de sifflements sur celle-ci. En raison des variations de température suivant l'heure de la journée et la saison, la résistance des conducteurs du câble peut varier considérablement (parfois de 50 °/₀) ; il en résulte que les pertes de transmission varient également dans de grandes proportions et qu'il a fallu installer des régulateurs automatiques aux extrémités de chaque section de câble située en plein champ, pour assurer une efficacité de transmission sensiblement constante.

Sur le câble qui nous occupe, les relais sont placés à des distances qui varient entre 80 et 96 kilomètres.

Pratiquement, tous les circuits téléphoniques du câble seront

appropriés à la télégraphie. On a reconnu que pour pouvoir télégraphier et téléphoner simultanément sur les circuits du câble, il était nécessaire d'imaginer un nouveau système de télégraphie avec des répéteurs d'un modèle inédit, des relais polarisés et certains dispositifs auxiliaires. En voici les raisons :

En premier lieu, les courants téléphoniques de l'ordre de 75 milliampères, absolument satisfaisants sur les anciens circuits combinés aériens, produisaient dans les bobines Pupin des circuits téléphoniques des câbles à longue distance un effet vibratoire (« flutter effect ») qui rendait pratiquement toute conversation impossible. On avait constaté en outre que si l'on appliquait au câble des courants télégraphiques d'une intensité courante, les récepteurs téléphoniques enregistraient des bruits secs dus au passage, dans les divers organes de la ligne, des composantes à haute fréquence des courants télégraphiques (« morse thump »). Enfin, les phénomènes d'interférence mutuelle entre les circuits du câble utilisant la terre comme fil de retour, aussi bien que les phénomènes d'induction dus aux potentiels terrestres, auraient rendu le service télégraphique peu sûr, spécialement sur de longues distances, par exemple sur la section New York-Chicago.

Il était par suite indispensable d'inventer un système ayant un circuit complètement métallique avec une tension de régime de l'ordre de 30 volts environ et un courant de ligne variable entre 3 et 5 milliampères. On a réussi à réduire ainsi dans de notables proportions les phénomènes gênants dont il a été question plus haut (effet vibratoire, induction, etc...).

En principe, les relais télégraphiques sont installés dans une station sur deux, c'est-à-dire à des intervalles de 160 à 200 km. sur les circuits du câble en fil du calibre n° 19, et à des intervalles plus considérables sur les conducteurs d'un plus fort calibre.

Il existe deux types de répéteurs qui diffèrent radicalement de ceux actuellement en usage. Le premier type est installé dans les stations où des lignes télégraphiques privées sont branchées sur le circuit ; il a reçu le nom de répéteur extrême (« terminal set ») ; l'autre type sert dans les bureaux où les messages sont simplement retransmis d'une section de câble sur la suivante ; on l'appelle répé-

teur de translation (« through set »). Aux points de raccordement de deux sections consécutives du câble, un répéteur-translateur effectue le travail de deux répéteurs extrêmes; il en résulte une grande économie dans les frais de premier établissement.

Le câble franchit la rivière Juanita, traverse de grandes forêts et coupe directement à travers monts et vallées. Les difficultés de construction étaient particulièrement grandes. La section Pittsburgh-Harrisburg n'est qu'un maillon d'une chaîne qui s'allonge rapidement vers l'ouest et qui finalement reliera entre elles (et avec les ports de l'Atlantique) Chicago, Toledo, Cleveland, Pittsburgh et un grand nombre d'autres villes importantes du Middle West.

Service public de radiotélégraphie entre Berlin et Hambourg (*Berliner Tageblatt* : 3 janvier 1922). — Répondant au désir exprimé par le Commerce et l'industrie, l'Administration des postes et télégraphes est en train d'établir un service provisoire radiotélégraphique ultra-rapide (Blitz-funk Telegramme) entre Berlin et Hambourg. Ce service a pour but d'accélérer la transmission de certains télégrammes et d'alléger le service des télégraphes. Les télégrammes expédiés par « Blitzfunk » devront être transmis dans un minimum de temps ; ils ne devront pas dépasser 30 mots. En outre, le destinataire est tenu d'être relié au central téléphonique pour que le télégramme lui soit communiqué par cette voie sans retard.

Etant données les grosses dépenses qu'exige l'installation de ce service, le tarif sera très élevé. Chaque mot coûtera 50 marcs, le télégramme 500 marcs au minimum.

Le « Reichsfunknetz » établi par l'administration des postes comprend, outre Kœnigswusterhausen comme poste central, Leipzig, Breslau, Munich, Stuttgart, Darmstadt, Francfort, Dusseldorf et Dortmund. Ces stations ne fonctionnent que pour alléger le service des télégraphes. Le prix des télégrammes transmis par elles est le même que par fil.

Équipement du premier central téléphonique rural installé en Angleterre (*Telegraph and Telephone Journal* :



mars 1922). — Le central de Ramsey, transformé en automatique, a été mis en service le 24 octobre 1921. C'est le premier bureau anglais qu'on ait doté de l'équipement pour central rural ; la description de cet équipement spécial et des facilités qu'il confère semble donc présenter quelque intérêt.

C'est en vue de réduire les dépenses d'exploitation entraînées par le service de nuit et le service dominical que le Post Office a décidé d'équiper en automatique les petits centraux ruraux. Tel quel, le système ne donne pas toutes les facilités qui caractérisent les centraux manuels et les grands centraux automatiques. Dans sa forme actuelle, il n'est applicable qu'aux seuls bureaux dont la capacité ne dépasse pas 100 lignes d'abonnés et auxiliaires. Jusqu'ici, il n'est pas possible, avec le nouveau système, de desservir des lignes de groupe (party lines), des postes à prépaiement, des tableaux d'abonnés (P. B. X.), des lignes supplémentaires ; on ne peut non plus retarder les communications locales au profit des appels interurbains à longue distance. Mais les bureaux de Ramsey et de Hurley n'ayant pas un besoin urgent des facilités énumérées ci-dessus, il a été décidé de les doter de l'équipement automatique pour bureau rural. Au cas où, ultérieurement, il y aurait lieu d'accorder aux abonnés ces facilités, il conviendrait d'apporter certaines modifications à l'installation actuelle. Par exemple, si un abonné exige deux, trois... lignes, il sera nécessaire de le faire figurer dans l'annuaire avec deux, trois... numéros d'appel. Ceux-ci seront composés à l'aide du cadran comme s'il s'agissait de deux abonnés distincts.

Le bureau de Ramsey se trouve à environ 21 kilomètres de Peterborough. Il est relié, d'une part, à Peterborough dont le bureau manuel est considéré comme son bureau d'attache et, d'autre part, au central de Warboys situé dans la même circonscription téléphonique que Ramsey.

Le système est du type à deux chiffres. Pour appeler un abonné de Warboys, les abonnés de Ramsey transmettent deux zéros avec leur cadran. Les réclamations, les demandes de renseignements, les appels interurbains sont transmis via Peterborough ; l'abonné transmet dans ce cas le nombre 01. De même, la télépho-

niste de Peterborough appelle sa collègue de Warboys en transmettant 01. Le central de Warboys n'a qu'une voie de dégagement : tous ses appels interurbains sont transmis à Peterborough via Ramsey.

L'installation initiale comprend : 8 circuits avec le centre de district, qui peuvent fonctionner simultanément et permettent de desservir 40 lignes d'abonnés (nos 20 à 59) ; une ligne auxiliaire avec Warboys. On compte qu'au début 5 circuits avec le centre de district suffiront pour écouler normalement le trafic. Chaque ligne d'abonné et chacune des lignes interurbaines sont reliées à un présélecteur ; on compte au total 50 présélecteurs et 8 sélecteurs extrêmes. Actuellement les circuits se décomposent ainsi : 32 lignes d'abonnés, 4 lignes bilatérales avec Peterborough et 1 ligne bilatérale de raccordement avec Warboys.

L'équipement a une capacité de 80 lignes d'abonnés (nos 20 à 99), de 10 lignes interurbaines ; il permet ainsi l'établissement simultané de 12 communications. Toutefois, là où il faut plus d'une ligne interurbaine (tel est le cas de Ramsey) la capacité, pour cette catégorie de circuits, est inférieure à 10 en raison de ce qu'il faut prévoir pour chaque groupe une broche qui servira à transmettre le signal d'occupation. Nous reviendrons sur ce point un peu plus loin. On a attribué aux circuits de raccordement et interurbains les numéros de 01 et 00. On voit qu'on n'a pas l'intention d'utiliser la première rangée (nos 10 à 19). Cette rangée des premiers sélecteurs est généralement inutilisée en raison de ce qu'il peut se produire des fausses connexions à la suite d'une erreur de l'abonné appelant ou d'une manœuvre inopportune du crochet commutateur. Mais, si l'on employait la première rangée, on pourrait desservir 90 abonnés.

Lorsque l'abonné décroche le récepteur, le présélecteur se met en quête d'un sélecteur extrême libre. Dès que celui-ci est trouvé, le demandeur entend un signal vibré particulier appelé « dialling tone » ; c'est un tic-tac *ininterrompu* qui indique à l'abonné qu'il peut commencer à manœuvrer le disque à trous. Le signal cesse dès que le premier chiffre est transmis.

Aussitôt que le numéro d'appel est transmis, le demandeur entend un signal de sonnerie (audible ringing signal) si, dans le cas d'une

communication locale, l'abonné demandé est libre. C'est un tic-tac *intermittent* qui prouve que le demandé est effectivement sonné. Actuellement, dans le cas d'une communication interurbaine ou d'une communication de service, ce signal n'est pas transmis, mais on étudie les moyens pratiques de le transmettre au demandeur dans l'un et l'autre cas.

Lorsque la ligne de l'abonné appelé est occupée, le commutateur du sélecteur se porte sur un onzième contact, dont chaque réglette est pourvue, et qui transmet chez l'abonné appelant un ronflement *intermittent* caractéristique. Lorsque plus d'une ligne interurbaine ou auxiliaire est nécessaire (cas de Ramsey), une broche spéciale est réservée à la fin de chaque groupe ; c'est par elle que le signal d'occupation est transmis. Toutefois, ceci n'est pas nécessaire dans le cas du dernier groupe, car alors le onzième contact est utilisé.

Si l'abonné entend un ronflement *ininterrompu*, c'est que le numéro ne peut être obtenu pour une raison autre que « ligne occupée » ou « non réponse ». Ce signal, appelé « number unobtainable tone », est transmis lorsque les abonnés composent un numéro inexistant, lorsqu'ils demandent un numéro supprimé ou changé, ou lorsque la ligne de leur correspondant est momentanément hors service. D'ordinaire, on n'utilise aucun signal pour faire connaître aux abonnés qu'un numéro a été transféré ; on est obligé de le faire ici, car l'installation ne comporte pas de circuit spécial pour renseigner les usagers en pareil cas. On peut admettre que, dans la circonscription de Ramsey, les changements de numéro d'appel se produiront plutôt rarement.

Il est intéressant de signaler que le bureau de Ramsey est le premier qui ait été équipé pour transmettre les quatre signaux décrits plus haut ; ces signaux ont été adoptés comme normes ; le mécanisme nécessaire est installé actuellement dans tous les centraux en service et on l'installera dans tous les centraux construits ultérieurement. Une enquête, faite chez tous les abonnés de Ramsey, a démontré qu'ils comprenaient fort bien la signification des divers signaux et qu'ils n'éprouvaient aucune difficulté à les distinguer l'un de l'autre.

Dans le cas d'appels locaux, les communications sont comptées

automatiquement dès que l'abonné demandé répond. Les appels interurbains ne sont pas comptés automatiquement; ce sont les téléphonistes de Peterborough et de Warboys qui, suivant le cas, en prennent note après s'être assurées du numéro d'appel du demandeur.

Le « retour au repos » se produit dans tous les cas, c'est-à-dire que la communication est coupée dès que l'un ou l'autre des correspondants raccroche. La téléphoniste ne garde pas l'abonné en ligne comme c'est le cas dans tous les grands centraux automatiques pour les appels de départ ou d'arrivée échangés par l'intermédiaire d'un autre central.

Il existe actuellement à Peterborough un central urbain et un central interurbain. La plupart des communications interurbaines demandées par les abonnés de Ramsey étant pour les au delà de Peterborough, les lignes auxiliaires Ramsey-Peterborough aboutissent à l'interurbain de cette dernière localité. Leur longueur est de 21 kilomètres; toutes aboutissent sur la même position. Celle-ci est pourvue d'un cadran et de 4 clés d'appel par ligne auxiliaire.

L'interurbain ferme à 19 heures; toutes les lignes sont renvoyées sur une position du central urbain qui est munie d'un cadran et de clés d'appel. Il existe une disposition analogue au central de Warboys.

Voici comment l'interurbain établit les communications : pour appeler un abonné de Ramsey, la téléphoniste enfonce la fiche dans un jack de départ et écoute. Lorsqu'elle entend le « dialling tone » (qui indique que la manœuvre du disque peut commencer) elle abaisse la clé de transmission qui correspond au circuit interurbain choisi. Elle compose ensuite le numéro demandé, puis relève la clé. Si l'abonné appelé est libre, l'opératrice entend le deuxième signal (« ringing signal ») jusqu'à ce que l'abonné réponde. Si elle entend le quatrième signal (« number unobtainable tone »), elle vérifie le numéro et, s'il existe, elle le compose une seconde fois à l'aide du cadran. Si le quatrième signal persiste, c'est que la ligne est en dérangement. Le fait est signalé dans la forme habituelle. Lorsque la conversation est terminée, un signal de fin est transmis dans la forme ordinaire. Les numéros des abonnés commençant au nombre 20, on dut procéder à un nouveau numérotage. On a pris

les mesures nécessaires pour se porter momentanément sur la ligne et s'assurer que les appels d'arrivée sont dirigés correctement sur le poste de l'abonné demandé. Les appels interurbains des abonnés de Ramsey sont reçus dans le central de Peterborough ; en insérant la fiche de réponse dans un jack d'arrivée, la téléphoniste se met en communication directe avec l'opératrice de Warbois ou avec l'abonné de Ramsey, suivant le cas.

Pour dispenser le sous-chef du bureau de prêter attention aux signaux de dérangement, en pareil cas ou dans des cas analogues, on a agencé un dispositif qui signale automatiquement, au central manuel chargé de la surveillance du trafic, certains dérangements sur les circuits de l'automatique. Tout dérangement important est signalé à la téléphoniste de l'interurbain de Peterborough au moyen de l'indicateur d'appel de la 4ᵉ ligne de Ramsey, lequel indicateur est actionné de manière intermittente. Le système est agencé de telle façon que le signal de dérangement n'est pas transmis si la ligne est momentanément inaccessible pour un autre motif. A la réception du signal de dérangement, les services techniques sont avisés immédiatement.

Comme précaution supplémentaire, il est convenu que si l'installation est en bon état de fonctionnement, la téléphoniste recevra le quatrième signal (« number unobtainable ») lorsqu'elle transmettra le nombre 19 sur l'une quelconque des trois lignes interurbaines de Ramsey. Un dérangement quelconque existe-t-il, la téléphoniste reçoit le troisième signal (« number engaged »). Cet essai a lieu trois fois par jour, sans préjudice de l'essai réglementaire qui se fait sur chaque ligne tous les matins à l'ouverture (8 heures). L'essai réglementaire des circuits de Ramsey s'effectue de la façon suivante : on transmet sur un circuit le numéro d'un autre circuit. Ainsi, si l'on transmet 02 sur le circuit n° 1, on devra recevoir un signal d'appel sur le circuit n° 2. De même, en transmettant 01 sur le circuit n° 2, on doit recevoir l'appel sur le circuit n° 1.

Si un abonné oublie de raccrocher le récepteur ou si un dérangement se produit sur la ligne particulière de l'abonné, les organes de commutation engagés sont remis au repos automatiquement au bout d'un certain temps. En pareil cas, la présence du dérangement n'est

pas signalée à la téléphoniste ; les intéressés sont priés de signaler le dérangement par le moyen qui leur semblera le plus convenable.

La dynamo qui permet de recharger les batteries est actionnée par un moteur à pétrole. Il y a deux batteries qui fournissent le courant à tour de rôle, chacune pendant 48 heures. Lorsqu'on passe de l'une à l'autre, la dynamo est mise en marche automatiquement ; lorsque la batterie en charge a atteint le voltage voulu, le moteur à pétrole cesse de fonctionner. C'est un mécanisme d'horlogerie qui règle la charge des batteries. L'opération se répète, comme on vient de le voir, toutes les 48 heures.

Les abonnés de Ramsey se déclarent enchantés du nouveau système qui constitue, à leurs yeux, un notable progrès par rapport au système manuel.

La modulation en radiotéléphonie (*Journal of the American Institute of Elect. Engin.* : 22 février 1922). — Les tubes à vide constituent les organes essentiels des appareils qui servent actuellement à la transmission des ondes radiotéléphoniques ; toutefois, il existe un petit nombre de stations très puissantes qui utilisent des alternateurs à haute fréquence. C'est grâce au développement extraordinairement rapide des tubes à vide qu'il est aujourd'hui possible de construire des générateurs d'oscillations entretenues à la fois peu encombrants et relativement peu coûteux. On a de plus en plus recours à la radiotéléphonie, notamment pour transmettre des télégrammes d'information de toute nature, tels que les observations météorologiques et les cours des principaux marchés, financiers et commerciaux.

Le procédé consiste à faire varier l'amplitude d'une onde à haute fréquence (1 million de périodes par seconde), à la « moduler » à des fréquences acoustiques (de l'ordre de 1.000 périodes par seconde), suivant la forme de l'onde sonore à transmettre. L'appareil qui sert à moduler doit obéir instantanément aux moindres variations de l'onde sonore imprimée ; son inertie doit donc être négligeable pour que les sons soient transmis sans distorsion. Le tube à décharge électronique répond à cette condition ; en effet, le flux d'électrons obéit instantanément aux variations de l'onde de fréquence télé-

phonique. Les phénomènes qui se produisent dans ce cas sur les circuits peuvent devenir très complexes et nécessiter une étude des plus minutieuses. Il existe trois méthodes principales de modulation : 1° par absorption d'une quantité variable de l'énergie débitée par le générateur du courant à haute fréquence, c'est-à-dire, par exemple, en intercalant un microphone dans le circuit de l'antenne ; 2° par variation, à des fréquences téléphoniques, du voltage de grille d'une lampe qui débite le courant à haute fréquence ; 3° par variation de la tension de plaque d'une même lampe. Ce dernier procédé a reçu le nom de « modulation de la plaque » ; il a été adopté aux États-Unis sur les installations commerciales et militaires. La modulation de la plaque est, sous plusieurs rapports, supérieure aux autres méthodes.

Le Bureau of Standards a étudié de très près les phénomènes de modulation des ondes à haute fréquence, les avantages des diverses méthodes de modulation ainsi que ceux de différents montages. L'appareil utilisé pour moduler par variation de la tension de plaque comprend quatre éléments : la source de courant continu, le tube modulateur, le tube générateur et le tube émetteur. Un certain nombre de mesures oscillographiques ont été faites. Les résultats des expériences viennent d'être publiés par M. E. S. Purington sous le titre de *Operation of the Modulator Tube in radiotelephone Sets* (*Scientific Paper*, n° 423).

Distribution rapide d'annuaires téléphoniques (*Telephony* : mars 1922). — Dernièrement, avec 200 hommes et 10 camions automobiles, le Service téléphonique d'Indianapolis a fait distribuer dans cette ville, 80.000 annuaires téléphoniques en 23 heures, soit environ 3.500 annuaires par heure. La ville avait été subdivisée en 1.800 « quartiers » comprenant chacun plusieurs dépôts où les annuaires étaient amenés en automobile et d'où partaient les distributeurs. Il y a dix ans, il fallait 27 jours pour distribuer 50.000 annuaires.

Lampe réceptrice fonctionnant sans accumulateurs (*Telegraph and Telephone Age* : mars 1922). — Une nouvelle lampe à trois électrodes fonctionnant avec une simple pile sèche vient

d'être mise en usage. Elle est plus petite que les lampes d'usage courant ; elle est montée sur une douille spéciale, qui ne saurait s'emboîter sur les socles ordinaires, et qui est conditionnée de façon à éviter que les tensions de plaque ne soient appliquées au filament. Un courant de $1^{V},1$ suffit pour chauffer le filament ; l'intensité du courant ne dépasse jamais $0^{A},2$, ce qui revient à dire que la consommation est inférieure à un quart de watt, alors qu'il faut de 3 à 5 watts pour chauffer le filament des lampes ordinaires. On peut donc remplacer la batterie de chauffage par une pile sèche, réalisant ainsi de sérieuses économies et évitant tous les inconvénients des accumulateurs. De plus, une batterie de plaque de 22 volts suffit amplement, sauf dans quelques cas exceptionnels où il faut employer 30 volts pour obtenir de meilleurs signaux. En tout cas, il ne faut jamais plus de 30 volts ; il est même rare qu'on ait à dépasser 22 volts, d'où inutilité d'une seconde batterie et suppression des dépenses correspondantes. La lampe est à vide très poussé ; par suite, elle n'exige pas un réglage rigoureux de la tension de plaque.

C'est en donnant aux organes essentiels de la lampe une forme et des dimensions appropriées qu'on est arrivé à réduire considérablement la consommation du courant de chauffage. Le filament très fin en platine est recouvert d'une couche de certains oxydes ; il rappelle de très près une cathode Wehnelt. Le filament est soudé à deux petits supports et il est maintenu en place au moyen d'une sorte de ressort spécial très flexible. Ce ressort permet au filament de se mouvoir en cas de choc violent, mais en temps normal, il le maintient fermement en position. La grille et le filament sont du type courant, mais ils sont de dimensions réduites et *calculées très exactement* ; cette dernière condition est indispensable au bon fonctionnement de la lampe. Pour obtenir un vide parfait et uniforme on s'est servi d'appareils construits spécialement.

Le coefficient d'amplification est sensiblement égal à 7 ; on obtient une impédance de plaque de l'ordre de 22.000 ohms environ, ce qui permet d'employer la lampe sur n'importe quel circuit ordinaire fonctionnant avec une lampe d'impédance faible, sans courir les risques d'un fonctionnement défectueux.

Lorsqu'il utilise cette lampe, le non-initié doit prendre certaines

précautions en raison même de la faible tension et des faibles intensités employées. Le filament fonctionne au rouge sombre et non au rouge vif comme les filaments en tungstène des lampes ordinaires. Si, pour chauffer le filament, on utilisait une batterie à 6 volts avec, en série, le rhéostat habituel de six ohms, le filament serait vite grillé. Si le filament prend une teinte jaune vif, il se détériorera rapidement, bien qu'alors le chauffage paraisse normal à un œil inexpérimenté. Il importe donc que l'opérateur prenne certaines précautions; tant qu'il ne se sera pas familiarisé avec la lampe, il devra maintenir le courant de chauffage le plus bas possible. Lorsque le filament est trop chauffé, aucun indice n'attire l'attention de l'opérateur : ni bruit dans le téléphone, ni lumière vive dans la lampe; pour assurer une longue vie à la lampe, l'opérateur devra régler convenablement le rhéostat, à moins qu'il n'emploie une lampe ordinaire comme résistance de charge. Précautions prises, on reconnaîtra que la nouvelle lampe est non seulement très économique, mais qu'elle peut être installée là où il ne saurait être question d'utiliser des appareils ordinaires; de plus, elle n'exige pas une grande surveillance.

Projet de câbles sous-marins entre les Etats-Unis et l'Allemagne (*Vossische Zeitung* : mars 1922). — La construction de deux nouveaux câbles sous-marins reliant l'Allemagne aux États-Unis est actuellement en projet. Il reste encore plusieurs difficultés d'ordre politique et financier à surmonter. Les difficultés politiques viennent de la situation dans laquelle se trouve l'Allemagne après la guerre, situation qui l'oblige à prendre des précautions pour ne pas amener de conflits avec les autres États. Les difficultés d'ordre économique viennent de la différence qui existe entre la gestion des télégraphes en Allemagne, où ils se trouvent monopolisés par l'État, et celle des États-Unis, où ils appartiennent à des sociétés privées. C'est cette dernière raison qui a obligé de prévoir, dans le projet de construction de câbles sous-marins, l'immersion simultanée de deux câbles, afin d'empêcher toute concurrence entre les grandes sociétés américaines. Il est évident que cette mesure double les frais, mais elle permet au projet d'être réalisé plus rapidement sans amener de complications aux États-Unis.

Les futurs câbles sous-marins appartiendront, l'un à la « Deutsch-Atlantische Kabel Gesellschaft » en commun avec la compagnie américaine « Commercial Cable and C° », et l'autre à la « Neue Kabel Gesellschaft » de Hambourg, en commun avec la « Western Union Telegraph C° ». Les deux câbles passeront par les Açores et seront construits de la côte allemande aux îles Açores par les compagnies allemandes et des Açores aux États-Unis par les compagnies américaines.

Le grand intérêt, dit la *Vossische Zeitung*, que peut avoir l'Allemagne à travailler d'accord avec les compagnies américaines est que celles-ci sont elles-mêmes déjà reliées par d'autres câbles avec l'Amérique centrale et l'Amérique du Sud, de telle sorte que l'Allemagne profitera de ces diverses liaisons et se trouvera en relations avec le reste du monde.

On pense que les travaux seront conduits rapidement et que les câbles, pour la partie allemande tout au moins, seront terminés à la fin de 1923.

La question des brevets en T. S. F. (*Electrician* : mai 1922). — Dans une communication récente à la section indienne et aux autres sections coloniales de la Société Royale des Arts, le professeur Eccles a fait d'intéressantes remarques à propos des brevets. Exception faite pour l'invention de Meissner, pour le brevet pris par la « Metropolitan-Vickers Cy » relativement à la réception par hétérodyne, pour deux brevets allemands d'importance secondaire, il semble qu'on n'ait pas à s'appuyer sur des brevets essentiels ; donc, la science des communications sans fil est libre de se développer techniquement sans souci de ce qu'on ne peut s'empêcher de regarder comme une entrave sérieuse à tout perfectionnement. Nous espérons que l'espèce de monopole dont rêvent certains groupes financiers et quelques hommes d'affaires sera étouffé dans l'œuf, au besoin même par le gouvernement, si la chose est jugée nécessaire. Il est indispensable qu'il en soit ainsi pour le bien général.

INFORMATIONS ET VARIÉTÉS.

Note du « Post Office Electrical Engineers' Journal » au sujet des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones. — Le Journal du Post office publie dans son numéro d'avril la note suivante :

La revue « Les Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones » paraît maintenant tous les deux mois au lieu de paraître quatre fois par an comme précédemment. Les amateurs de sociologie trouveront un intérêt évident à établir une comparaison entre les méthodes des deux pays, même lorsqu'il s'agit simplement de la publication d'une revue semi-officielle.

En Angleterre, le « Journal » est l'organe de l'Institution des Ingénieurs électriciens du Post Office.

De l'autre côté de la Manche, c'est le Ministre qui nomme la Commission des « Annales ». Nous avons bien peur que la « haute idée que nous avons de nous-mêmes » soit sérieusement ébranlée le jour où nous essayerons d'établir une comparaison rigoureuse entre la valeur respective des deux revues. Le Comité de rédaction des « Annales » s'acquitte fort bien de sa tâche et nous recommandons chaleureusement cette revue technique à l'attention de nos lecteurs.

Installation téléphonique automatique d'Orléans (1). — Décidée avant 1914, l'installation téléphonique automatique d'Orléans n'a pu être commencée qu'en décembre 1920 et mise en service le 3 juillet 1921. Elle a trouvé place au 3e étage de l'Hôtel des Postes, dans une partie du bâtiment surélevé à cet effet. Les organes automatiques ainsi que le répartiteur sont dans une salle

(1) Note remise par M. Cestre, Sous-Directeur des Postes et Télégraphes.

unique ; les accumulateurs sont au même étage, dans une pièce annexe.

L'installation réalisée par la Compagnie Thomson-Houston est équipée pour 1.400 lignes — actuellement, Orléans possède environ 1.000 abonnés — mais la disposition des bâtis des organes automatiques est prévue pour une extension permettant d'atteindre 2.100 lignes. Pour des raisons techniques, le numérotage des lignes d'abonnés commence à 2.000 et finit à 3.399.

Répartiteur général d'entrée. Les lignes aboutissant à 15 têtes verticales portant chacune 6 platines à 28 paires d'organes de protection. Il existe un système lumineux de signalisation pour les fusibles mis hors de service accidentellement. Du côté horizontal, le répartiteur possède 6 traverses.

Chemins de câble. Quatre dérivations sont prises au répartiteur pour se diriger :

la 1re, vers les jacks généraux des tables interurbaines, situées au 2e étage de l'Hôtel ;

la 2e, vers les commutateurs rotatifs ;

la 3e, vers les connecteurs ;

la 4e, vers la table d'essai et le bâti des compteurs.

Commutateurs rotatifs. La 1re installation automatique, faite à Nice, comprenait des commutateurs primaires et secondaires, qui n'existent pas à Orléans. Chacune des 1.400 lignes d'abonnés aboutit à un commutateur rotatif, organe individuel pour chaque abonné et destiné à mettre celui-ci, dès qu'il décroche, en communication avec un premier sélecteur libre. Le commutateur rotatif cherche parmi 25 lignes. Il convient de remarquer que cet organe ne se met en mouvement, au décrochage de l'abonné, que si ses frotteurs ne se trouvent pas sur une ligne multiplée à un 1er secteur libre ; au cas contraire, il a mis en relation sans mouvement la ligne de l'abonné avec un 1er sélecteur libre.

Les 1.400 commutateurs de l'installation sont répartis sur 5 bâtis.

Répartiteur intermédiaire. Les lignes venant des commutateurs rotatifs arrivent ensuite au répartiteur intermédiaire, qui possède 2 têtes verticales et 10 réglettes horizontales. Cet organe est destiné à répartir les lignes auxiliaires venant des commutateurs rotatifs sur

les diverses rangées de sélecteurs. Il permet de donner à chaque groupe de lignes d'abonnés un plus ou moins grand nombre de 1ers sélecteurs, suivant les besoins du trafic. Il n'a pas encore été utilisé à cet effet, parce que, au moment de la transformation, on a pris soin de répartir les 1.000 abonnés parmi les 14 centaines de lignes prévues.

Premiers sélecteurs. Ils sont au nombre de 95, répartis sur 2 bâtis.

Deuxièmes sélecteurs. Il y a 85 deuxièmes sélecteurs répartis sur 2 bâtis.

Connecteurs. Les connecteurs sont au nombre de 84, soit 6 par centaine d'abonnés, disposés sur 2 bâtis. Les 6 connecteurs de la centaine 31 sont du type « rotatif » et sont destinés à desservir les abonnés ayant plusieurs lignes au réseau, mais qui ne figurent dans l'annuaire que sous un seul numéro.

Table d'essais. La table d'essais est munie d'un voltmètre et de clés permettant toutes les manœuvres voulues pour la localisation des dérangements. Elle possède en outre un indicateur de vitesse pour cadran d'appel, qui permet à l'opérateur de vérifier la vitesse du cadran d'appel d'un poste d'abonné.

Installation d'énergie. Le groupe de charge des accumulateurs comprend : 1 moteur shunt à 440 volts, 9 1/2 HP, et 1150 t/m, 1 génératrice, excitation shunt, 70 volts, 70 ampères, 1150 t/m; ces machines sont montées sur un socle commun et accouplées directement.

Les 2 batteries d'accumulateurs, d'une capacité de 400 AH, se composent chacune de 25 éléments, donnant ainsi les 48 volts nécessaires au fonctionnement des différents organes automatiques.

Premiers résultats d'exploitation. Au mois de décembre 1921, le nombre des conversations urbaines était déjà en augmentation de 50 % sur les chiffres de juin 1921, dernier mois du fonctionnement du multiple.

Un nouveau câble Emden-New York. — Des arrangements viennent d'être conclus en vue d'établir une communication sous-marine directe avec les Etats-Unis. On annonce que la « Commer-



cial Cable C° » a accepté de poser la section New York-Açores (3.700 km.). La section Açores-Emden sera posée par la société « Deutsch Atlantische Telegraphen » et raccordée à la précédente. On estime que les frais de construction et de pose s'élèveront à 2 millions et demi de livres sterling; le contrat prévoit que les travaux seront terminés en moins de 18 mois. Depuis l'armistice, les câblogrammes en provenance ou à destination de l'Allemagne transitent par l'Angleterre ou par la France.

La conférence internationale des grands réseaux de transport d'énergie électrique à très haute tension (*Génie Civil*, n° 2051). — Cette conférence, qui s'est tenue à Paris du 21 au 26 novembre dernier, a permis aux délégués des divers pays d'étudier en commun, et bien souvent de résoudre, un grand nombre de questions sur lesquelles un accord international est indispensable.

Les décisions de cette assemblée ont porté sur les points suivants :

1° *Production et transformation du courant :* construction des alternateurs, construction des transformateurs, relais de protection, sous-stations en plein air, mise en parallèle des stations et régularisation de la tension.

2° *Construction des lignes de transport :* établissement économique, nature du câble, pylônes, isolateurs, câbles souterrains et sous-marins, législation.

Exploitation technique des réseaux : tarification et vente de l'énergie, surveillance des lignes, protection des lignes, mise du neutre à la terre, mesures à très haute tension, marche en parallèle des centrales, communications téléphoniques entre centrales.

Allocations et prêts au personnel des Postes et Télégraphes allemand. — Parmi les crédits inscrits au budget ordinaire des Postes et Télégraphes du Reich figurent des gratifications et allocations qui doivent être un précieux stimulant pour le personnel. A noter entre autres :

Primes accordées aux agents qui ont contribué à la découverte des contraventions aux monopoles postal et télégraphique : 60.000 marks.

Crédits relatifs à l'achat et à la construction de maisons d'habitation pour le personnel subalterne des localités où la crise des loyers est particulièrement aiguë : 20 millions de marks. Prêts consentis aux employés qui font bâtir : 10 millions de marks. Allocations aux employés qui cultivent un jardin ou un champ, qui élèvent des animaux de basse-cour : 300.000 marks. Versements à la caisse d'assurance en cas de maladie au profit du personnel subalterne qui n'est pas obligé par la loi à effectuer lui-même des versements : 7 millions de marks. Subventions accordées aux maisons de santé fondées par les associations et sociétés de secours mutuels du personnel : 100.000 marks. Construction d'une maison de convalescence à Schloss Nordkirchen (1[er] crédit) : 700.000 marks.

Budget allemand des Postes et Télégraphes pour l'exercice 1921. — L'examen du budget de 1921 prouve que l'Allemagne continue à faire un gros effort financier pour améliorer et développer les services télégraphiques et téléphoniques en vue de hâter son relèvement économique. Un vaste réseau de câbles souterrains, destinés à relier entre elles les villes principales, est en construction. Pour faire face à l'accroissement prévu du trafic et pour permettre à l'Allemagne de lutter avec l'étranger sur le terrain commercial, il a paru nécessaire d'adopter ce procédé moderne de construction que certains pays à trafic intense emploient déjà ou sont à la veille d'appliquer. Les Allemands profiteront de la réalisation de ce projet pour procéder au remplacement des vieux câbles souterrains dont le fonctionnement laissait de plus en plus à désirer et dont l'entretien, avec le temps, était devenu par trop onéreux.

Réseau de câbles télégraphiques et téléphoniques souterrains. — Les frais relatifs à l'opération sont nécessairement très élevés. Toutefois, dans le cas des lignes à longue distance, la substitution des câbles aux circuits aériens est, semble-t-il, avantageuse. En effet, sur une ligne aérienne, les frais divers entraînés par l'établissement d'une communication de 3 minutes entre Berlin et Francfort-sur-le-Main s'élèvent à 13 marks 23 ; sur un circuit souterrain, à 4 marks 58 seulement. Les frais de construction du réseau de câbles dont il s'agit ont été évalués à 3 milliards 400 millions de marks ; il com-

prendra notamment : 1 câble Hanovre-Hambourg, 2 câbles Berlin-Hanovre et 1 câble Berlin-Leipzig-Francfort-sur-le-Main pour lesquels les dépenses sont estimées à 300 millions de marks.

Nouveau câble germano-suédois. — Les crédits demandés pour la construction du nouveau câble télégraphique et téléphonique sous-marin (Stralsund-Malmö) se sont élevés à 22.500.000 marks, l'administration suédoise devant, de son côté, supporter une dépense égale.

Radiotélégraphie. — En ce qui concerne cette branche du service, l'administration allemande a demandé 135.650.000 marks pour développer les stations chargées d'écouler les trafics intérieur, européen et extra-européen, et pour munir d'appareils télégraphiques rapides la station de Königswusterhausen ainsi que neuf autres stations principales.

Câbles téléphoniques à grande distance en Hollande et en Suisse. — La Hollande possède actuellement deux câbles téléphoniques : celui d'Amsterdam-Rotterdam et celui d'Amsterdam-Utrecht qui a été terminé en décembre dernier. L'installation d'une section Rotterdam-Dordrecht a été retardée l'hiver dernier, en raison des gelées persistantes, mais elle sera activement reprise dès que la température le permettra.

La Suisse, en dépit de l'exiguïté de son territoire, tient une place des plus importantes dans l'histoire du développement européen des communications à longue distance. Ce petit pays, qui a un programme comportant environ 600 kilomètres de câbles pupinisés, a passé la commande pour l'installation d'un câble pupinisé duplex entre Lucerne et Attinghausen. Ce câble comportera une section de 22 kilomètres à 62 paires et une autre de 32 kilomètres 5 à 40 paires.

Une autre commande a été faite pour un câble pupinisé Arth-Zug de 30 paires et d'une longueur de 14 kilomètres. Enfin, le gouvernement fédéral envisage pour cette année l'installation, sous le tunnel du Simplon, d'un câble pupinisé duplex à 20 paires.

BIBLIOGRAPHIE.

OUVRAGES DIVERS.

Annuaire du Bureau des Longitudes. — Paris, Gauthier-Villars, éditeur, 1 vol. in-16, 800 pages. Broché : 6 fr. ; relié : 8 fr. L'Annuaire des Longitudes pour 1922 groupe sous un petit volume une vaste information numérique.

Divisé en cinq chapitres principaux : Calendrier, Terre, Astronomie, Mesures légales, Données physiques et chimiques, l'Annuaire étudie les divers calendriers, fait connaître la position relative des astres, indique les mesures légales françaises et étrangères, le tonnage des navires, la thermométrie, la densité des minéraux et des pierres précieuses, l'analyse des engrais, la thermochimie, la composition moyenne des vins, bières, cidres, etc.

L'Œuvre scientifique de Laplace, par ANDOYER, Membre de l'Académie des Sciences et du Bureau des Longitudes. — Paris, Payot, éditeur, 1 vol. in-16, 152 pages ; relié : 4 fr.

Après un court résumé biographique, l'auteur montre comment les problèmes de philosophie naturelle, à l'ordre du jour du monde savant vers la fin du XVIII[e] siècle, devaient presque nécessairement donner aux recherches de Laplace leur double orientation ; d'un côté, l'examen approfondi des plus extrêmes conséquences du principe de la gravitation universelle ; de l'autre, le développement du Calcul des Probabilités dans ses applications aux sciences morales, financières, politiques.

Puis il met en lumière les caractéristiques de l'œuvre de Laplace aussi bien du point de vue philosophique que du point de vue mathématique ; et, dans cette étude, il laisse souvent la parole à Laplace lui-même, convaincu d'être ainsi plus agréable au lecteur, curieux de connaître de façon intime cette grande figure et désireux

de l'apprécier sûrement d'après son style propre, image fidèle de l'homme lui-même.

Les derniers chapitres sont consacrés à l'examen des nombreux mémoires et ouvrages de Laplace, d'après l'ordre chronologique, afin de suivre exactement le développement de sa pensée.

L'œuvre scientifique de Sadi Carnot. — Introduction à l'étude de la Thermodynamique, par Ariès. — Paris, Payot, 1 vol. in-16, 160 pages ; relié : 4 fr.

Après avoir décrit, dans le langage clair et précis qui distingue ses œuvres, les immenses progrès que la Science moderne doit à la Thermodynamique dans les premières régions explorées, le colonel Ariès s'arrête, dans un dernier et long chapitre, devant les obstacles qui retardaient l'exploration de régions nouvelles. Il montre que les difficultés à surmonter sont précisément celles que soulèvent les théories de Lorentz et d'Einstein et ne met pas en doute le puissant concours qu'offrent les méthodes de la Thermodynamique pour vaincre ces difficultés.

Cet ouvrage, rempli de remarques originales et suggestives, paraîtra donc attachant à tous ceux qu'intéresse la grande évolution qui se prépare et qui passionne l'opinion dans les deux mondes.

Les métaux et leurs conditions d'emploi dans l'industrie moderne, par Jean Oertlé, ingénieur des arts et manufactures, 3e édition, revue et corrigée. — Paris, E. Chiron, 1 vol. de 260 pages avec 119 figures, 2 planches et 27 pages de tableaux. Prix : 15 francs.

Cet ouvrage est un aide-mémoire essentiellement pratique des conditions d'emploi de tous les métaux ; l'exposé des connaissances théoriques est borné aux notions strictement indispensables, tandis que l'étude de leurs applications industrielles est largement développée. De nombreux tableaux groupent les données numériques, afin d'en rendre la recherche plus facile.

Revue d'optique théorique et instrumentale (*Ancienne Revue générale d'optique et de mécanique de précision*), revue



mensuelle publiée sous les auspices de l'Institut d'optique théorique et appliquée (Directeur Général : M. Charles Fabry) et du Syndicat patronal des constructeurs d'instruments d'optique et de précision, 140, boulevard du Montparnasse, Paris, 14e. — Prix de l'abonnement pour un an : France et colonies : 25 francs; Étranger : 30 francs. — Conçue dans un esprit rigoureusement scientifique, la *Revue d'optique* est écrite de manière à pouvoir être lue avec profit par toutes les personnes ayant une bonne culture. Elle leur fournit l'occasion et le moyen de préciser leurs connaissances sur les points difficiles de la physique moderne et de s'initier à toutes les techniques de précision des laboratoires et des observatoires.

Sommaire du 1er numéro (Janvier 1922) :

Ch. Fabry et H. Buisson : Le photomètre universel sans écran diffusant. — Henri Chrétien : Le télescope de Newton et le télescope aplanétique. — Chronique, par G. Guadet : Les progrès de l'interférométrie astronomique.

Scientia, revue internationale de synthèse scientifique, paraissant tous les mois (directeur : Eugenio Rignano). — Cette revue, à collaboration vraiment internationale, est l'organe de synthèse et d'unification du savoir ; elle traite des questions fondamentales de toutes les sciences : histoire des sciences, mathématiques, astronomie, géologie, physique, chimie, biologie, psychologie, sociologie.

Elle a déjà publié des articles de MM. Abbot, André, Anthony, Arrhenius, Ashley, Bayliss, Beichmann, Benes, Bigourdan, Bohlin, Bohn, Bonnesen, Borel, Bottazzi, Bouty, Bragg, Brillouin, Bruni, Cabrera, Carracido, Carver, Castelnuovo, Caullery, Chamberlin, Charlier, Ciamician, Claparède, Costantin, Crommelin, Cvific, Darwin, Delage, De Martonne, De Vries, Durkheim, Eddington, Edgeworth, Emery, Enriques, Fabry, Findlay, Fisher, Foà, Fowler, Fredericq, Galeotti, Golgi, Gregory, Guignebert, Hartog, Heiberg, Hinks, Iniguez, Innes, Janet, Jespersen, Kapteyn, Karpinski, Kaye, Kidd, Knibbs, Langevin, Lebedew, Lloyd Morgan, Lodge, Loisy, Lorentz, Loria, Lowell, Matruchot, Maunder, Meillet, Moret, Moreaux, Muir, Naville, Pareto, Peano, Perrin, Picard, Pigou, Plans, Poincaré, Puiseux, Rabaud, Renard, Reuterskjöld,

Rey Pastor, Righi, Rignano, Russell, Rutherford, Sagnac, Sarton, Sayce, Schiaparelli, Seligman, Sergi, Shapley, Sherrington, Soddy, Stojavonich, Struycken, Svedberg, Tannery, Teixeira, Thalbitzer, Turner, Vallaux, Vialleton, Vinogradoff, Volterra, Von Zeipel Webb, Weiss, Westermarck, Wicksell, Willey, Zeeman, Zeuthen et plus de cent autres.

Les articles sont publiés dans la langue de leurs auteurs, et chaque numéro se termine par un supplément donnant la traduction française des articles en langues étrangères.

Le prix de l'abonnement annuel est de 50 francs. On peut recevoir un numéro spécimen en envoyant 2 francs en timbres-poste aux bureaux de la revue : 43, foro Bonaparte, Milano (Italie).

BREVETS D'INVENTION (1)

4e addition au brevet n° 502.601. — Système d'émission de trains d'ondes entretenues. — M. Marius LATOUR. — France.

2e addition au brevet n° 487.996. — Système pour maintenir la charge constante sur un arbre commandant un alternateur à haute fréquence pour télégraphie sans fil. — Société française Radio-électrique. — France.

3e addition au brevet n° 502.238. — Appareil pour la télégraphie sous-marine. — M. Marius LATOUR. — France.

4e addition au brevet n° 502.238. — Appareil pour la télégraphie sous-marine. — M. Marius LATOUR. — France.

5e addition au brevet n° 502.238. — Appareil pour la télégraphie sous-marine. — M. Marius LATOUR. — France.

1re addition au brevet n° 523.793. — Transmetteur téléphonique. — M. Charles BOUVET. — France.

1re addition au brevet n° 516.350. — Transmetteur télégraphique. — Raison sociale : The Piersen Telegraph Transmitter Company. — États-Unis d'Amérique.

2e addition au brevet n° 516.350. — Transmetteur télégraphique. — Raison sociale : The Piersen Telegraph Transmitter Company. — États-Unis d'Amérique.

3e addition au brevet n° 516.350. — Transmetteur télégraphique. — Raison sociale : The Piersen Telegraph Transmitter Company. — États-Unis d'Amérique.

2e addition au brevet n° 495.316. — Perfectionnements aux circuits récepteurs de TSF. — M. Henri-Jean-Joseph-Marie de Regnauld de BELLESCIZE. France.

1re addition au brevet n° 530.612. — Bobine de self induction pour

(1) Les descriptions (notices et dessins) relatives aux brevets sont en vente à l'Imprimerie Nationale, 87, rue Vieille-du-Temple, Paris (IIIe arr.).



la pupinisation des lignes téléphoniques. — M. Marius LATOUR. — France.

1[re] addition au brevet n° 530.616. — Miroir donnant un faisceau lumineux très divergent suivant l'un des plans de symétrie. — M. Jérôme HOURRIEZ. — France.

525.842. — Appareil pour apprendre l'alphabet Morse au son. — M. Horace HURM. — France.

528.121. — Téléphone électrostatique à condensateur. — M. Michel-François PÉRI. — France.

Au départ, les ondes sonores font vibrer l'une des armatures d'un condensateur, dont l'autre est maintenue à un potentiel fixe. Les variations de charge agissent sur la grille d'une lampe à 3 électrodes, et il en résulte des variations d'intensité dans le circuit de plaque, comprenant le primaire d'un transformateur, dont le secondaire est relié à la ligne. A l'arrivée, l'un des fils de ligne aboutit à la grille d'une lampe à vide et l'autre au point commun. Le récepteur consiste en un condensateur, semblable à celui du poste de départ placé en dérivation entre la plaque et le point commun.

529.532. — Dispositif de support des électrodes dans les tubes à vide et autres. — M. John SCOTT-TAGGART. — Angleterre.

529.321. — Perfectionnements apportés en télégraphie sans fil, téléphonie sans fil et analogues. — M. Sydney BRYDON. — Angleterre.

529.366. — Télégraphie multiplex à basse fréquence. — M. Arno BOERNER. — Pays-Bas.

Deux ou plusieurs courants alternatifs à fréquence acoustique différente parcourant un conducteur sont amenés à différents circuits oscillants comprenant une self-induction et une capacité, chaque circuit étant accordé sur une des fréquences acoustiques et relié à un amplificateur dont le circuit entrant et le circuit sortant sont rétrocouplés l'un sur l'autre.

529.874. — Perfectionnements aux systèmes de téléphonie et de télégraphie par ondes. — M. Henri LAUER. — France.

530.083. — Réglette d'intercommunication pour appareils téléphoniques automatiques. — M. Octave-Léopold DESPRÈS. — France.

530.101. — Appareil amplificateur téléphonique. — Société anonyme : Société centrale d'entreprises établissements Armand D. Rivière. — France.

530.244. — Perfectionnements aux téléphones. — Société dite : The Telephone Manufacturing Company (1920) Limited. — Angleterre.

530.245. — Perfectionnements aux téléphones. — Société dite :

The Telephone Manufacturing Company (1920) Limited. — Angleterre.

530.379. — Transmetteur télégraphique à câble. — M. Fred Lee Rogers. — Etats-Unis d'Amérique.

530.419. — Perfectionnements aux récepteurs de télégraphie sans fil. — M. Laurence Beddome Turner. — Angleterre.

530.455. — Perfectionnements apportés aux antennes. — Société dite : Marconi's Wireless Telegraph Company. — Angleterre.

Lorsqu'on utilise une antenne à accouplement faible avec le circuit primaire d'un clapet, d'un alternateur, d'un arc, etc., il est nécessaire de conserver constante la longueur d'onde de l'antenne, autrement l'amplitude du courant d'antenne varierait. Il en est particulièrement ainsi pour les antennes peu amorties et très chargées de bobines, car l'effet du vent sur l'antenne peut changer la syntonisation de manière très sérieuse.

On peut maintenir constante la longueur d'onde d'une antenne de la façon suivante :

Avec une antenne et un circuit oscillant fermé, on combine un petit moteur à champ tournant comportant deux enroulements, et on relie un enroulement au circuit fermé, l'autre enroulement au circuit d'antenne. Si l'antenne est exactement en syntonie avec le circuit fermé, il n'y aura aucun champ rotatif produit par les deux enroulements à angle droit, mais si la longueur d'onde de l'antenne augmente, la phase du courant d'antenne tendra à produire un champ tournant dans une direction, tandis que si la longueur d'onde diminue, le champ tournant sera dans l'autre direction. Sur l'arbre de l'armature, on peut par conséquent placer un variomètre, un condensateur variable, etc., et le relier de telle sorte que lorsque la longueur d'onde de l'antenne augmente, le variomètre la fait diminuer jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de champ tournant, et vice versa, de telle manière que la longueur d'onde de l'antenne soit maintenue pratiquement constante.

530.462. — Montage perfectionné de relais, spécialement applicable aux installations téléphoniques mixtes comprenant des postes reliés simultanément au réseau public et à un réseau privé. — Société : Le Téléphone privé national. — France.

530.538. — Dispositif de transmission électrique d'ordres. — Société H. Martiny et C°. — France.

530.544. — Perfectionnements à la téléphonie sans fil et par lignes terrestres. — Société dite : Marconi's Wireless Telegraph C° Limited. — Angleterre.

Le Gérant,

Léon EYROLLES.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS.

11e ANNÉE. — N° 4. JUILLET-AOUT 1922. PRIX : 4 fr. 50.

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE PUBLIÉ PAR LES SOINS
D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.

PARAISSANT TOUS LES 2 MOIS.



LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE.
3 RUE THÉNARD, PARIS, Ve.

Prix de l'abonnement annuel : France :........ 24 francs ; Étranger :........ 27 francs

COMMISSION DES ANNALES

DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

AVIS.

Les manuscrits adressés aux *Annales* sont soumis à l'examen d'une Commission dite *Commission des Annales des Postes et Télégraphes*.

Cette Commission se réunit à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, 20, rue Las Cases, Paris, VIIe.

Membres de la Commission :

NOTA : La *Commission des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

TABLE DES MATIÈRES

CONFÉRENCE DONNÉE A L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES (1)

SUR

Le récepteur téléphonique considéré comme un moteur,

Par M. KENNELLY,
Professeur à l'Université Harvard et au Massachusetts Institute of Technology.

Nous allons parler aujourd'hui d'une très belle chose : *le récepteur téléphonique*. C'est un instrument merveilleux. Pour nous qui nous occupons plus ou moins du téléphone, nous pouvons facilement perdre notre admiration originale, mais pour ceux qui l'étudient profondément cet instrument devient remarquable.

Je vais vous parler aujourd'hui de certaines propriétés remarquables de cet instrument. J'espère que vous en apprécierez l'importance, et que leur exposé vous intéressera. Ce sont ses propriétés acoustiques et électro-magnétiques. C'est en effet un moteur électro-magnétique qui ne diffère des moteurs ordinaires que parce que les moteurs industriels ont un mouvement circulaire tandis que notre moteur est à mouvement alternatif, c'est-à-dire à déplacements rectilignes. Nous allons préciser un peu ses caractéristiques, mais qualitativement, c'est-à-dire décrire simplement ce qui arrive dans un téléphone quand on le met en circuit.

Autrefois on se demandait si le diaphragme d'un téléphone était mobile, c'est-à-dire s'il y avait un mouvement réel du diaphragme du téléphone. On prétendait que l'amplitude de sa vibration, s'il y en avait une, était tellement petite qu'elle était

---

(1) 11 février 1922.

inappréciable, qu'il s'agissait simplement d'un phénomène moléculaire interne et non d'un mouvement intéressant la masse du diaphragme. Cette notion n'est pas exacte, nous savons aujourd'hui que le diaphragme du téléphone en action possède un mouvement vibratoire, mais d'amplitude très petite. L'unité convenable pour exprimer cette amplitude est le micron. Vous savez, je pense, que le micron est une unité employée pour définir les longueurs des objets microscopiques : c'est le millionième du mètre, le millième du millimètre. Une amplitude de vibration d'un micron est assez bonne, assez satisfaisante pour un téléphone.

Je suppose que nous sommes tous au courant de ce qui se trouve dans un de ces appareils. Il est remarquable qu'un appareil aussi petit, qui peut tenir dans la main, puisse reproduire la voix humaine et nous donner d'heure en heure des informations parfois si importantes dans notre vie. Ce petit appareil a, sous certains rapports, changé la civilisation entière et la manière de vivre. Ainsi, chez nous, aux États-Unis, dans de grandes villes comme New-York et autres grandes cités, nous avons des maisons très hautes que l'on appelle des « skyscrapers ». Il n'y en a que dans quelques grandes villes, mais elles ont parfois vingt-cinq étages et même plus, jusqu'à cinquante étages ; je crois d'ailleurs que c'est là la limite. Quand on entre dans une de ces maisons de cinquante étages, on peut immédiatement savoir, grâce à l'appareil téléphonique, si la personne que vous demandez est là. Il serait absolument impossible sans le téléphone d'utiliser de semblables maisons, faute de pouvoir communiquer de la ville avec l'intérieur. Ce sont des millions de personnes, qui aux heures de travail, seraient complètement isolées de l'extérieur. On peut même dire que, pour certaines maisons de cinq ou six étages contenant beaucoup de personnes, il en est de même.

La partie du téléphone qui reproduit la parole dans l'air et donne des vibrations acoustiques, c'est le diaphragme. Ce diaphragme, chacun le sait, est très léger : il pèse seulement quelques grammes. Il est fait d'une manière très simple, et pourtant de nombreux points n'ont pas été résolus ou déter-

minés, sur la manière dont ce diaphragme reproduit les vibrations. En Amérique ainsi que dans d'autres pays, de nombreuses expériences ont été faites, de nombreuses mesures ont été prises, et des centaines de savants ont fait des recherches sur le diaphragme. Grâce à ces efforts, nous savons maintenant qu'un diaphragme peut vibrer de deux manières : il peut vibrer comme une plaque simplement flexible ou comme une plaque extensible et flexible à la fois. Si dans un diaphragme, d'une matière quelconque, fer ou acier, on peut arriver à développer des efforts d'extension, la vibration produite est d'une certaine espèce. Au contraire, si on ne peut pas faire travailler la matière à l'extension, et si on ne peut réaliser que des déplacements locaux sans extension, alors on a une plaque simplement flexible. Mais si, en même temps, on peut obtenir des déplacements latéraux et des extensions locales, on arrive à avoir une espèce de vibration particulière. On traite ordinairement le diaphragme comme une plaque vibrante simplement flexible et les résultats sont satisfaisants, au moins dans la mesure de nos recherches, car nous ne savons pas suffisamment ce qui se passe dans un diaphragme pour être assurés qu'il n'y a pas d'extension du diaphragme.

Cependant les résultats peuvent être satisfaisants au moins approximativement, en adoptant la théorie de la plaque qui a été donnée par plusieurs grands physiciens français, anglais et américains ainsi que d'autres nationalités.

Une plaque flexible peut exécuter des vibrations de trois genres différents. Voici quelques figures : la première manière, le mode le plus simple de vibration d'un diaphragme est le suivant : toute la surface du diaphragme entre en mouvement, avec un maximum d'amplitude au centre. Pour chaque diaphragme encastré il y a toujours une note qui lui appartient en propre comme si c'était un instrument de musique, une note qu'il donne tout naturellement. Ainsi, si nous serrons le bord du diaphragme entre deux cercles se vissant l'un sur l'autre de manière à fixer ce bord invariablement, le diaphragme aura une note naturelle dépendant des dimensions du diaphragme, c'est-à-dire fonction du dia-

mètre, de l'épaisseur, de la densité et de l'élasticité, de la matière. Il joue exactement le rôle d'un instrument de musique.

Dans le second mode de vibrations il y a un diamètre nodal. Il existe un diamètre fixe tel que la partie gauche se déprime tandis que l'autre monte, et réciproquement. On peut indiquer ici (fig. 2) que la partie gauche monte, et que celle de droite descend, tandis qu'aussitôt après c'est l'inverse qui a lieu. C'est comme si deux chevaux étaient attelés ensemble, que l'un marchât à une allure, l'autre à la même, mais alternativement.

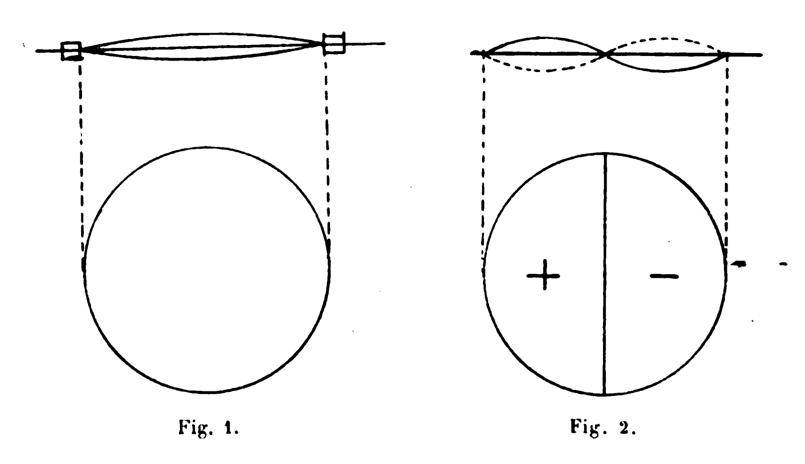


Fig. 1. Fig. 2.

Dans le mouvement de la plaque, ces diamètres demeurent fixes, mais, à un instant donné, les quadrants qu'ils délimitent sont l'un en ascension, le suivant en dépression, le troisième en ascension et le quatrième en dépression. Au bout d'un certain temps — la période du mouvement vibratoire — les mouvements de ces quadrants se feront en sens inverse... et ainsi de suite.

Au lieu de un ou deux diamètres nodaux, on peut en avoir un nombre quelconque. Tous les diamètres nodaux, correspondant à un mode donné de vibrations, sont équidistants les uns des autres.

Théoriquement, on peut continuer cette division jusqu'à l'infini, c'est-à-dire que cette qualité de vibration donne un grand nombre de notes naturelles, mais ces notes ne sont pas comme celles émises par une corde, leurs fréquences ne sont pas entre

elles comme les nombres un, deux, trois, quatre, cinq, etc. ; il y a des notes plus compliquées, il y a des relations qui ne sont pas les relations simples de vibrations d'une corde. Voilà donc un second mode de mouvements possibles pour une plaque de diaphragme.

Un troisième mode de mouvements reconnus par les physiciens pour la plaque circulaire est le suivant : il est caractérisé par l'existence des cercles nodaux.

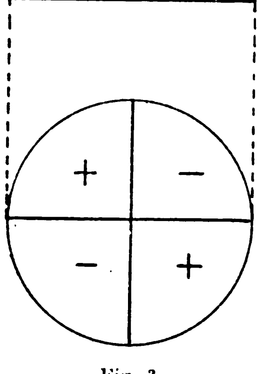
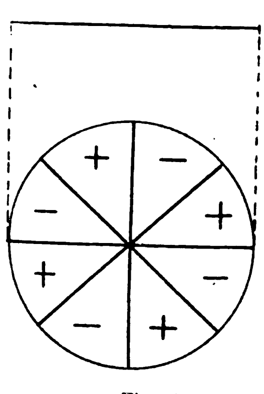


Fig. 3.

Ces cercles nodaux restent tranquilles tandis que les zones qu'ils limitent montent et descendent, alternativement.

De plus, on peut avoir deux ou même, théoriquement, un nombre quelconque de cercles nodaux. En partant du centre et en se dirigeant vers les bords on rencontre à un instant donné, des zones, limitées par ces cercles, et dont la cote par rapport au plan moyen de repos du diaphragme, est alternativement posi-



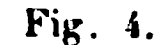


Fig. 4.

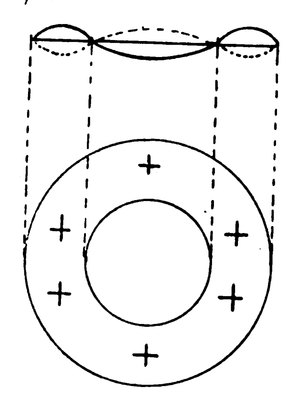


Fig. 5.

tive, négative, positive, négative..., etc. Au bout d'un certain temps, le sens de ces cotes est d'ailleurs changé...

A chaque répartition de ces ensembles de cercles nodaux correspond une fréquence donnée du mouvement vibratoire.

Cette série des fréquences naturelles des notes acoustiques qu'une plaque peut émettre, quand elle donne une vibration de cette espèce, est différente de la série rencontrée dans le cas précédent.

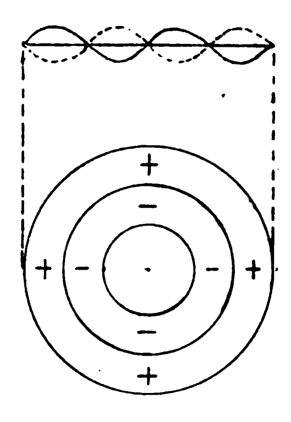


Fig. 6.

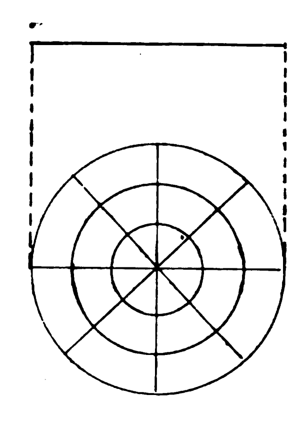


Fig. 7.

Enfin, on peut avoir des vibrations complexes, résultant de la superposition des vibrations du premier genre à nodales diamétrales, aux vibrations circulaires. Il y a donc un grand nombre de vibrations possibles, pour un diaphragme téléphonique.

Parmi ce grand nombre possible d'états vibratoires, quel sera celui que prendront les téléphones actuels? C'est là la première chose que nous avons cherché à déterminer, et pour cela, nous avons fabriqué un appareil spécial extrêmement délicat. Je vais vous montrer un cliché, une projection qui vous donnera une idée de l'appareil que nous avons employé pour cette recherche (fig. 8). Cette recherche a fait l'objet de nombreuses expériences dans nos laboratoires depuis deux ans environ, parce que ces expériences sont très délicates et très difficiles à mettre au point. Dans les expériences manuelles elle nécessite une très grande habilité.

L'appareil comporte une plaque en métal assez épaisse, assez solide. Dans le centre de cette plaque se trouve une ouverture circulaire pour le diaphragme à essayer. Puis un grand pont très solide en métal supporte près de la partie centrale un petit

miroir. Le petit miroir permet de faire en même temps les observations et de constater les résultats des expériences sur les vibrations du diaphragme (fig. 8 *bis*). Avec d'infinies précautions on applique la pointe du miroir sur la surface du diaphragme.

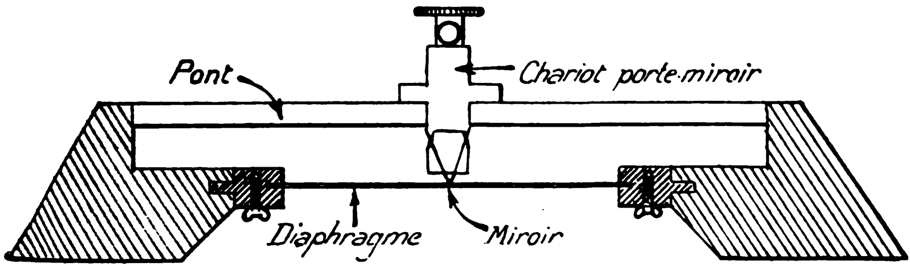


Fig. 8.

Il y a deux manières de faire vibrer le diaphragme, ou bien, en mettant l'air en vibration au moyen d'un tuyau d'orgue rendant un son déterminé, ou bien en excitant au moyen d'un courant à fréquence téléphonique l'électro-aimant du récepteur auquel est fixé le diaphragme. Nous avons employé les deux systèmes. Quand la plaque est en vibration, l'amplitude étant de quelques microns, elle fait vibrer le miroir. Une source lumineuse intense envoie ses rayons sur le petit miroir. La lumière réfléchie est

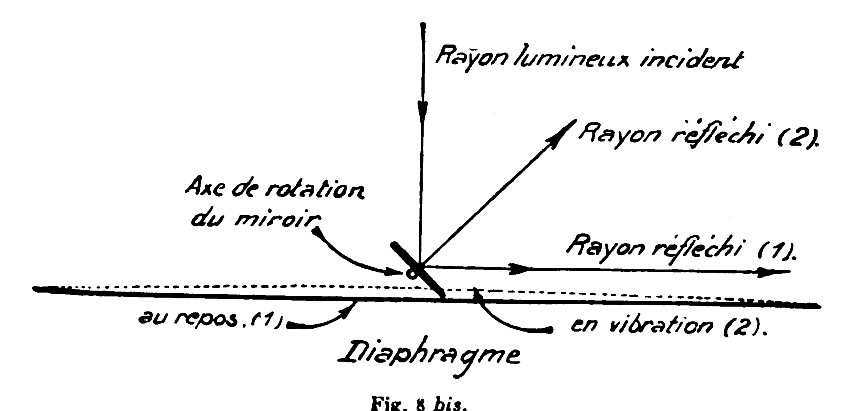


Fig. 8 *bis*.

reçue sur une règle graduée à une distance de quelques mètres. La zone balayée par les rayons que renvoie le petit miroir paraît

lumineuse : on peut en noter la largeur qui est proportionnelle au déplacement du miroir. Connaissant la distance de la règle au miroir et les données géométriques de position du diaphragme par rapport à l'axe de suspension du miroir, on peut déterminer avec une précision suffisante l'amplitude des vibrations. Alors on fait sonner l'acoustique, le tube d'orgue, on déplace le chariot porte-miroir par rapport au diaphragme, de manière à explorer toute la surface de celui-ci. Je vous répète que c'est une expérience extrêmement délicate à faire, et qu'il faut travailler pendant des semaines avec cet appareil pour arriver à de bons résultats. Quelquefois on a des difficultés matérielles difficiles à surmonter, le miroir casse, etc.

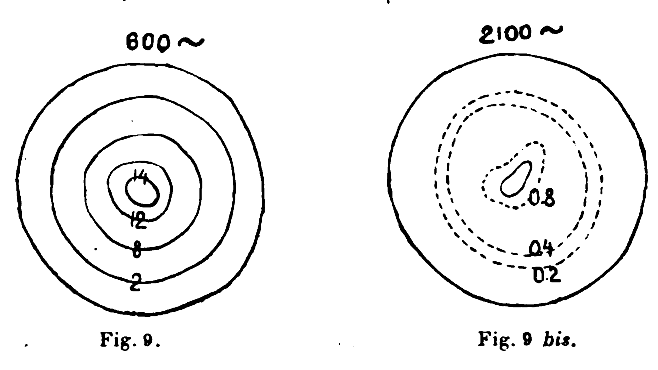


Fig. 9. Fig. 9 *bis*.

Voici quelques résultats observés dans deux cas différents (fig. 9 et 9 *bis*). On remarque sur la figure 9 des courbes d'amplitude, des lignes de contour d'amplitude de deux, quatre, six, huit, dix, douze, quatorze microns. Cela aurait dû être des cercles, mais à cause sans doute de petites différences d'épaisseur, de densité, d'élasticité de la plaque, ce ne sont pas des cercles très réguliers. On constate que les courbes sont à peu près circulaires près du bord tandis qu'au centre elles sont loin d'être un cercle régulier. Je crois que ces différences ne sont pas très importantes et qu'elles sont purement accidentelles. On peut dire en règle générale que cette plaque sollicitée par un son d'orgue acoustiquement a exécuté des vibrations. C'est une plaque, un diaphragme téléphonique qui exécute des vibrations de premier ordre, c'est-à-dire avec mouvement en phase de tout l'ensemble.

S'il y avait des mouvements avec des cercles nodaux, ou des diamètres tranquilles, les contours des lignes de niveau devraient être tout à fait différents, mais il est toujours possible qu'avec le mouvement de premier ordre très appréciable il y ait aussi de tout petits mouvements, avec lignes ou cercles nodaux, qu'il a été impossible d'apprécier. A première vue c'est tout à fait le premier mode de vibration. Ceci a été donné à une fréquence, disons de l'ut dièze au piano. Vous savez que cette note donne à peu près 113 vibrations par seconde.

La figure 9 *bis* correspond au même diaphragme, à une fréquence beaucoup plus élevée, d'environ 2.000 périodes par seconde. C'est le même diaphragme et vous voyez que nous avons seulement un micron au centre. Nous ne pouvons pas dire que l'orientation de la plaque était exactement la même dans cette série d'expériences que dans la première. A première vue, il y a encore des cercles qui se forment, mais l'amplitude de vibration est beaucoup plus petite pour le son élevé. Les amplitudes sont beaucoup plus petites dans le second cliché que dans le premier.

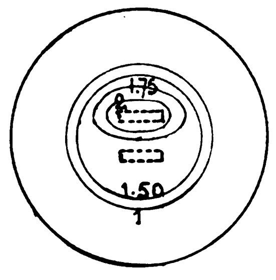


Fig. 10.

La figure 10 représente l'allure des lignes correspondantes que nous avons trouvées sur un autre diaphragme qui était excité électriquement au moyen de deux pôles. Vous savez que le récepteur ordinaire a deux pôles. Ils sont ici indiqués en traits pointillés.

Je crois que la dissymétrie que l'on peut observer sur cette plaque n'était qu'apparente et accidentelle et s'est produite en raison d'une dissymétrie entre le bord et le diaphragme lui-même. Nous donnons les résultats tels qu'on les a trouvés, et je crois qu'on peut dire que la vibration de ce diaphragme excité électro-magnétiquement dans un téléphone par un courant électrique est du premier ordre, mais avec quelques déformations pour cause de dissymétrie.

En résumé, en nous rapprochant des conditions normales d'emploi du récepteur téléphonique nous n'avons pu observer que des vibrations du premier genre, du diaphragme.

Peut-être, en provoquant de plus fortes vibrations, parviendrait-on à mettre en évidence l'existence de vibrations du 2e ou du 3e genre?... En tout cas, si elles ont lieu, leur amplitude est très faible.

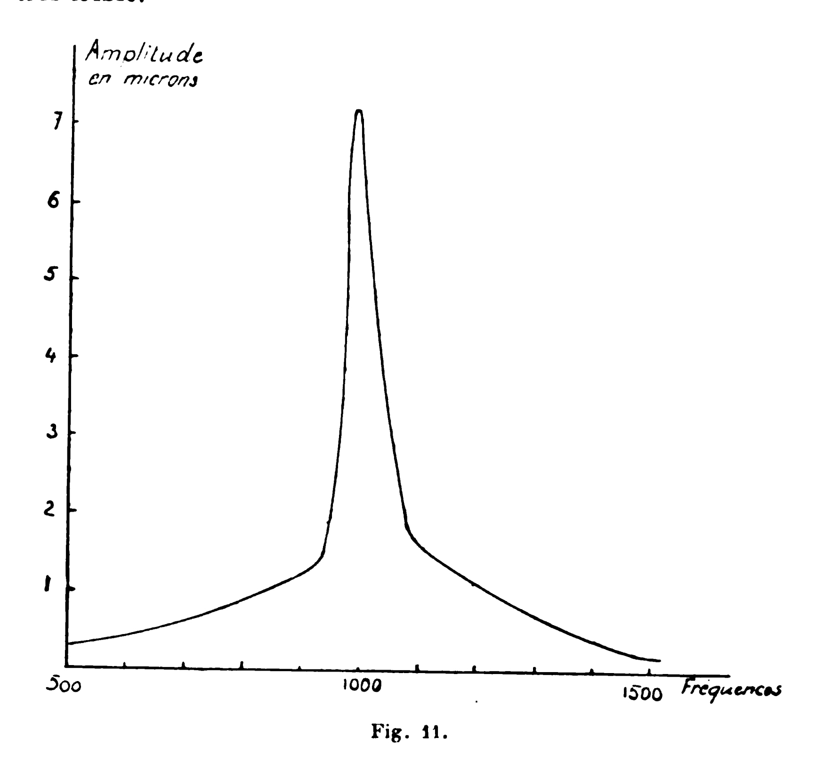


Fig. 11.

Nous avons fait de nombreuses expériences pour mesurer l'amplitude de vibration du diaphragme téléphonique excité par une même intensité sonore, mais à des fréquences différentes. La figure 11 donne le résultat qu'on a trouvé et qui peut servir d'exemple. Ce résultat est assez juste pour une plaque de téléphone ordinaire. La fréquence commence à 500, ce qui est important dans la téléphonie, parce qu'on descend jusqu'à 100 vibrations par seconde dans la voix humaine ; dans cet exemple nous pouvons monter jusqu'à 1.500 vibrations.

On remarque que le diaphragme commence à vibrer soudainement, avec une très grande amplitude près de sa note natu-

relle, c'est-à-dire près de la note qu'il donne comme instrument de musique ; la plaque montée de cette façon possède une note résonnante d'environ 1.000 périodes par seconde. Les téléphones ordinaires ont cette sorte de résonance naturelle. Parfois l'amplitude correspondante est moindre que sept microns et 1/2, quelquefois aussi le phénomène moins marqué, d'autres fois plus marqué : ceci n'est qu'un exemple.

Si l'on fait entrer ensemble dans la bobine de téléphone des courants de diverses fréquences mais de même intensité, ces courants exciteront dans la plaque des vibrations d'amplitudes très différentes. Cet exemple de courbe indique, je crois, d'une façon assez juste que le téléphone ordinaire ne peut pas nous rendre les sons comme il les reçoit, c'est-à-dire que si on parle dans le transmetteur d'un téléphone on peut toujours reconnaître la voix de son interlocuteur, mais cependant le timbre de la voix reçue doit être très différent du timbre de la voix émise sur le transmetteur.

Il faut une certaine éducation pour bien entendre au téléphone, et nous qui sommes habitués à l'emploi de cet instrument, nous oublions facilement ce que nous avons appris par un usage fréquent. Certaines personnes ont une habileté extraordinaire, d'autres au contraire ne peuvent s'y habituer. Il en est de même pour la téléphonie conventionnelle, la téléphonie commerciale et industrielle, il faut avoir une certaine expérience pour pouvoir s'en servir. Je connais à ce sujet un cas très intéressant qui se passe chez les sauvages — les sauvages sont des personnes pour lesquelles j'ai un grand respect — ; je vais vous le raconter, si vous voulez bien me le permettre.

Vous savez que dans le Sud-Afrique est une peuplade qu'on appelle les Zoulous. Ce sont des sauvages, mais ils sont dignes de votre confiance et on peut se fier à leur parole. C'est une chose remarquable et belle que parfois les civilisés ne possèdent pas.

Ce petit fait se passe en 1867, si je ne me trompe pas sur la date. Ces tribus de Zoulous ont été en guerre avec tout le monde, avec l'Angleterre en particulier. Ils sont très guerriers, ils combattent avec fougue et se battent jusqu'au dernier moment, aussi

sont-ils très difficiles à vaincre. La lutte avec eux dura longtemps et l'on eut grand'peine à la terminer. Enfin lorsque la paix fut conclue avec leur chef Quetchevayo, on voulut montrer à ce guerrier que les blancs avaient chez eux tant de ressources qu'il était désormais absolument vain de tenter de se mettre en guerre contre eux, qu'on ne pouvait les vaincre sans faire mourir beaucoup des leurs. Malheureusement il ne fallait pas songer à envoyer Quatchevayo en Angleterre vu son poids énorme, il pesait au moins deux cents kilos ! Aussi décida-t-on d'envoyer à sa place deux de ses chefs qui voyagèrent par bateau et allèrent d'abord en Angleterre et ensuite à Paris. Enchantés de la manière dont on les avait reçus ils revinrent après deux à trois mois de séjour près de Quetchevayo.

A cette époque le téléphone était encore un petit jouet peu employé, on ne commençait qu'à en connaître les toutes premières applications. Un modèle de téléphone se trouvait alors à Londres au « Foreign Office », Ministère des Affaires étrangères, où il faisait communiquer deux chambres. Sans rien dire aux deux chefs on les fit entrer dans ces deux chambres, l'un dans l'une, l'autre dans l'autre, et on leur montra les appareils en disant : vous ne savez pas ce que c'est que cette boîte ? non ? Eh bien, elle va vous parler zoulou. Ils ne pouvaient croire que c'était vrai, mais intrigués ils commencèrent à parler et entendirent qu'on leur répondait zoulou sans reconnaître que c'était leur ami qui parlait. Ils ne purent comprendre ce phénomène, ils n'avaient pas assez d'expérience, mais ils pouvaient tout de même très bien entendre que la langue parlée était le zoulou. Ils furent très étonnés et dans la suite ils parlèrent plusieurs fois entre eux de cette affaire sans jamais se rendre compte qu'ils s'étaient parlés l'un à l'autre.

Ils revinrent dans leur pays et racontèrent à Quetchevayo que les Blancs possédaient une boîte qui parlait zoulou. Quetchevayo resta incrédule. C'est toujours en vain que jusque là il avait essayé de parler zoulou avec les Blancs ; comment croire qu'ils possédaient une boîte qui parlait zoulou? Les deux chefs insistèrent. Quetchevayo les questionna plusieurs fois lorsqu'ils étaient ivres ou sobres, mais il obtint toujours la même réponse ; les Blancs possédaient une boîte qui parlait zoulou.

S'ils avaient reçu une certaine instruction ils auraient saisi la différence de voix de leur compagnon et cela nous prouve que nous avons appris la manière de nous servir d'un téléphone, puisque nous arrivons à le comprendre bien qu'il ne reproduise pas exactement le son émis par l'appareil transmetteur. C'est là le fait d'une certaine expérience.

Nous avons fait ici des expériences avec des plaques de verre très minces : non sans difficulté d'ailleurs, nous avons réussi à les faire vibrer dans les deux manières dont je vous ai parlé. L'état vibratoire a été obtenu avec des plaques de verre très minces, très fines, très bien montées et parfaitement encastrées. Tout à fait exceptionnellement, on peut faire exécuter à ces plaques des vibrations de second et de troisième ordre. Je crois qu'on peut dire à première vue que le genre de vibration d'un diaphragme téléphonique est le premier mode simple : vibration d'ensemble avec la plus grande amplitude au centre.

Il y a dix ans nous avons découvert que nous pouvions mesurer un certain cercle sur un téléphone ordinaire (en fait sur n'importe quelle espèce de téléphone) et que ce cercle révèle une foule

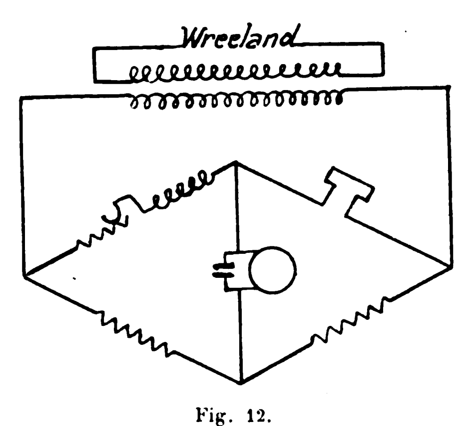


Fig. 12.

de choses sur cet instrument, des caractéristiques mécaniques et électriques, et que chaque instrument possède son cercle propre. Je vous donnerai tout à l'heure quelques explications. Nous n'avons pas trouvé deux instruments donnant exactement le même cercle, mais seulement des instruments donnant approxi-

mativement le même cercle. C'est assez compréhensible, quand on songe qu'il n'y a pas deux visages humains exactement semblables, puisque même les jumeaux diffèrent un peu.

Voici comment on mesure : voici un pont de Wheatstone (fig. 12); un téléphone est disposé dans la troisième branche. Les deux premières sont constituées par des résistances de 200 ohms, la dernière par résistance variable suivie d'une self variable.

Ici, vous voyez un oscillateur Wreeland alimenté par un courant continu. Vous savez probablement qu'un oscillateur Wreeland donne une fréquence variable qui peut être réglée, et maintient constante sa fréquence de minute en minute, quelquefois d'heure en heure. On mesure donc l'intensité de courant alternatif pro-

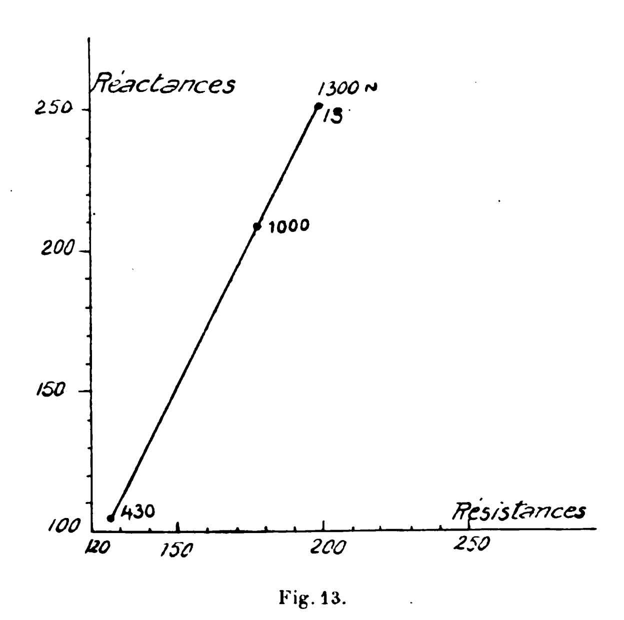


Fig. 13.

duit par l'appareil Wreeland et on varie la fréquence, mais en maintenant autant que possible l'intensité constante. On mesure ensuite la résistance et l'inductance qui, multipliées par 2 π et la fréquence, donnent la réactance.

On mesure donc la résistance, la réactance dans les conditions où le diaphragme ne peut pas vibrer. On supprime les vibrations

du diaphragme, en touchant le diaphragme très légèrement avec le doigt ou par tout autre procédé mécanique, sur lequel je n'ai pas le temps d'insister. Bref, on supprime le mouvement du diaphragme de sorte que le téléphone devient un instrument mort, une bobine de self et de résistance. Dans ces conditions la résistance apparente augmente avec la fréquence ainsi que la réactance. La variation de ces quantités est figurée par une courbe : cette courbe est sensiblement rectiligne (fig. 13).

Si on permet au diaphragme de vibrer en retirant le doigt afin de le libérer, les résultats observés sont les suivants : la ligne représentative commence à s'écarter de celle que nous venons de tracer, forme une boucle, puis revient et rejoint la ligne en haut. Il y a donc deux fréquences tout à fait différentes, mais de même impédance, de même résistance et de même réactance : l'une au commencement, l'autre à son extrémité.

Pour chaque fréquence, il y a toujours une impédance avec la plaque tranquille et une autre avec la plaque vibrante. Si par une origine de coordonnées, 0, on mène les vecteurs égaux et parallèles à ceux qui joignent les points des deux courbes caractérisés par la même fréquence, on trouve un diagramme circulaire, c'est-à-dire que les extrémités de ces vecteurs sont toujours sur un cercle. Nous appelons ce cercle le cercle d'impédance cinétique. Un téléphone de toutes espèces et de tous genres, qu'il soit monopolaire ou bipolaire, possède son cercle caractéristique.

Le diamètre de ce cercle correspond à une fréquence, qui est la fréquence de résonance apparente.

L'examen du diagramme montre qu'une très petite variation de la fréquence, au voisinage de cette fréquence de résonance, correspond à un déplacement très important sur le cercle, alors qu'en toute autre région, et particulièrement au voisinage de l'origine, le déplacement du point représentatif quand varie la fréquence, est beaucoup plus long.

Il y a trois caractéristiques de ce cercle qui varient d'un instrument à l'autre : 1° la grandeur du diamètre (c'est cela qui varie avec la sensibilité) ;



2° la dépression 2 β du diamètre au-dessous de l'axe de résistance horizontale. Cet angle varie avec les instruments et est toujours égal au double de l'inclinaison de la ligne ascendante que nous avons vue tout à l'heure dans le dernier cliché ; la ligne d'impédance tranquille n'est pas tout à fait verticale, mais diffère peut-être de 20 degrés de la verticale. Vous avez ici, dans ce cas, 40 degrés de dépression du diamètre au-dessous de l'horizontale (fig. 14).

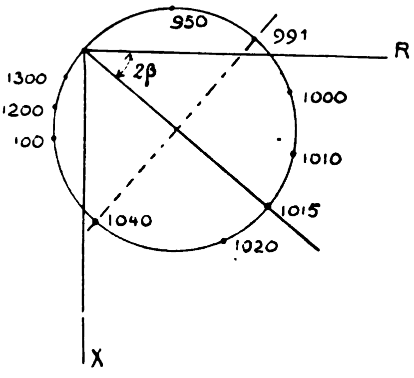


Fig. 14.

3° la distribution des fréquences autour du cercle. Dans un instrument possédant une résonance très aiguë, les variations des distributions des fréquences, autour du cercle, seront très rapides, tandis que pour un instrument qui n'est pas très aigu de résonance, c'est-à-dire plat acoustiquement, ce déploiement des fréquences serait plus lent : et il y aurait une petite différence de fréquences entre les deux points quadrantaux. Nous appelons ainsi deux points jouant dans la théorie un rôle important. Ce sont les extrémités du diamètre perpendiculaire au diamètre passant par l'origine (diamètre de résonance). Sur la figure, ces deux points correspondent à des fréquences l'un de 991 et l'autre de 1039,5. La différence entre ces deux valeurs donne une indication de l'acuité de résonance de l'instrument.

Il y a beaucoup d'autres choses que l'on peut tirer de ce cercle, mais il y en a surtout trois qui sautent aux yeux. En mesurant le cercle de résonance cinétique d'un téléphone, on peut déter-

miner expérimentalement beaucoup de choses avec cet appareil. Il faut cependant admettre que, en deux jours consécutifs on ne peut avoir exactement le même cercle, parce que la température ayant changé, ou la pression de l'atmosphère ayant varié, il en résulte des changements correspondants visibles dans le cercle.

Si la pression atmosphérique monte, le diamètre diminue un peu, et dans le vide le diamètre augmente selon nos mesures, deux ou trois fois. Mais si l'on change l'encastrement du diaphragme, cela change énormément le cercle.

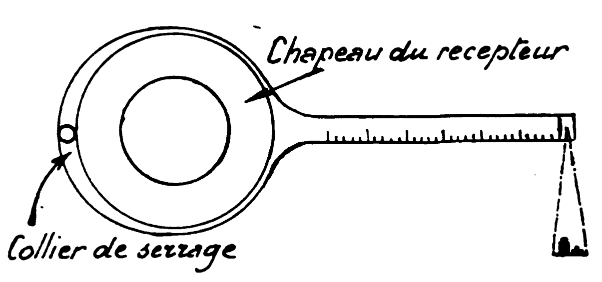


Fig. 15.

La figure 15 montre le moyen de faire varier la pression d'encastrement des bords du diaphragme. On exerce sur le chapeau du récepteur, qui presse sur les bords du diaphragme, un couple variable, mesuré par le poids appliqué à l'extrémité du bras de levier.

En faisant varier cette pression on a trouvé les résultats suivants.

La figure 16 donne les cercles relatifs à un même appareil, le même petit cercle et dans les mêmes conditions, d'abord avec tension de 0, c'est-à-dire lorsqu'il n'y a aucun serrage, le chapeau étant juste en place, sans plus, puis avec des tensions croissantes. Vous voyez qu'entre 250 et 400 centigrammes-mètres il y a très peu de différence. Il y a, en quelque sorte, saturation. Ce que vous pouvez déduire de ce résultat est ceci : pour qu'un instrument soit bien ajusté dans les meilleures conditions de sensibilité, il faut que ce chapeau soit bien serré. Si le chapeau n'est pas bien serré, la sensibilité de l'appareil peut s'amoindrir beaucoup. On peut remarquer que les dépressions des diamètres de résonance

sont peu différentes, sauf pour le premier, lorsque le chapeau est à demi en place sans tension appréciable.

La figure 17 vous montre le cercle cinétique d'un instrument appliqué à l'oreille d'une personne qui reçoit. Lorsque la mesure est faite sur l'instrument libre, la résonance a lieu pour une fréquence de 969. Le rapport du diamètre du cercle à sa résistance est une mesure de la sensibilité de l'appareil. On voit l'angle de dépression 2 β, à peu près 45°, puis la distribution des fréquences.

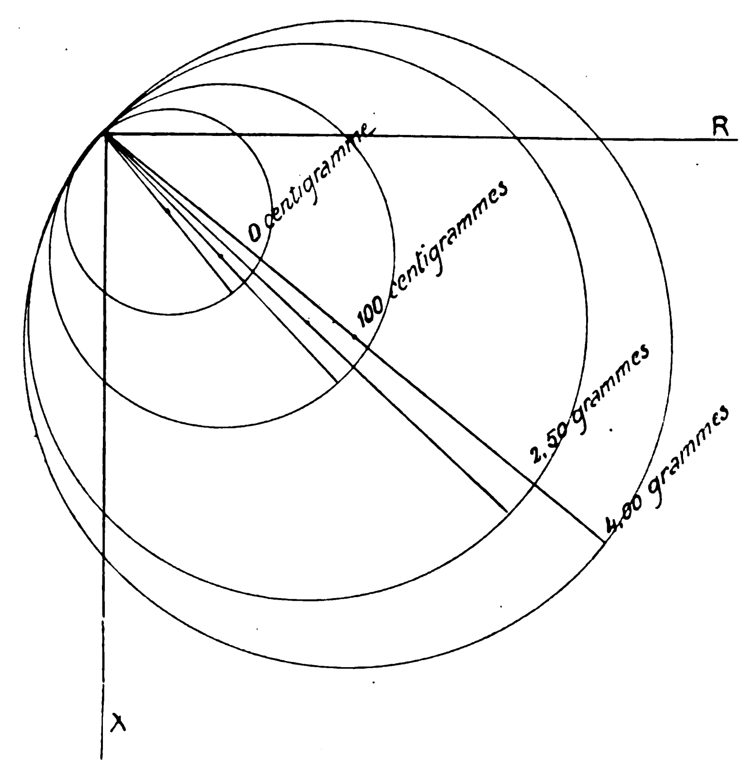


Fig. 16.

Mais si on met l'appareil contre l'oreille d'une personne spécialement retenue pour cette expérience, la courbe obtenue est différente. Ce n'est pas exactement un cercle, elle s'en rapproche seulement et est beaucoup plus petite. La résistance acoustique de l'appareil durant l'émission des vibrations acoustiques de l'air

dans l'oreille elle-même, est très augmentée, même doublée à peu de chose près, car, doubler la résistance acoustique, c'est réduire le diamètre à la moitié.

On peut donc dire que le cercle cinétique d'un instrument devrait toujours être mesuré au moment où l'appareil est appliqué sur l'oreille de quelqu'un.

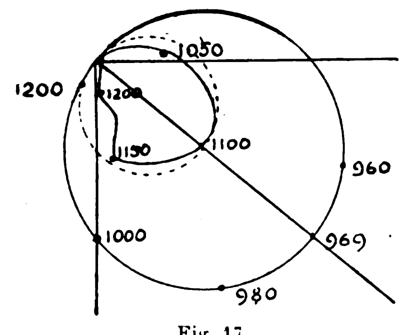


Fig. 17.

Mais cette expérience a son inconvénient, c'est que l'appareil siffle terriblement à l'oreille du patient.

Il y a un moyen de la faire pourtant, c'est de poser l'appareil à plat sur une surface convenablement choisie. Cette surface choisie et bien étalonnée, on peut mesurer le cercle et dire que c'est à peu près la même chose qu'une oreille.

Autre remarque. Si on dispose d'un récepteur spécialement adapté, très sensible, et si on effectue sur cet instrument la détermination du cercle d'impédance cinétique, on constate que la présence d'un objet, le passage d'une personne en face du récepteur, produisent une déformation du cercle, une réduction de son diamètre... Nous avons vu qu'une réduction du diamètre du cercle correspond à un accroissement de la résistance opposée par l'air aux vibrations du diaphragme... Ainsi, la présence d'objets dans un local correspond à l'existence d'une résistance acoustique, et le téléphone sensible permet de déterminer les propriétés acoustiques du milieu où il se trouve, permet de déceler, à quelques mètres, la présence d'obstacles à la propagation du son.

Voilà un terrain de recherches intéressant qui n'appartient pas au téléphoniste professionnel, c'est une autre application de cet instrument dont je vous donne seulement un aperçu. Je n'ai fait qu'effleurer le sujet, mais suffisamment, j'espère, pour vous indiquer qu'un appareil téléphonique est un appareil que nous pouvons grandement admirer.

L'emploi de la pile à dépolarisation par l'air
DANS LES BUREAUX TÉLÉGRAPHIQUES

RÉSULTATS OBTENUS A ÉPERNAY

Par M. REYNAUD-BONIN,
Ingénieur des Postes et Télégraphes.

L'auteur fait d'abord l'exposé des propriétés de la pile à dépolarisation par l'air et montre les raisons de sa supériorité sur la pile au bioxyde de manganèse pour constituer des batteries télégraphiques. Il rend compte ensuite des résultats qui ont été obtenus au bureau d'Epernay, où une batterie à dépolarisation par l'air fonctionne depuis plus de deux ans d'une façon absolument irréprochable.

Les piles à dépolarisation par l'air sont loin d'être une nouveauté dans l'exploitation des télégraphes, des téléphones ou des chemins de fer. Les éléments Maîche (1879) connurent un certain succès et leurs qualités sont décrites dans tous les anciens traités consacrés à la pile électrique (1). Ils furent cependant peu à peu remplacés par les éléments Callaud dépolarisés au sulfate de cuivre, ou par les éléments Leclanché dépolarisés au bioxyde de manganèse : les éléments Callaud ou Leclanché donnaient des forces électromotrices plus élevées et pouvaient supporter des régimes de débit plus intenses que la pile à dépolarisation par l'air. On aurait pu croire que cette dernière avait définitivement disparu de l'exploitation, mais il n'en est rien ou, du moins, l'Administration française vient de faire au bureau télégraphique d'Epernay (Marne) l'expérience de la mise en ser-

(1) Voir en particulier : Tommasi, *Traité des Piles électriques*, 1889, Georges Carré, éditeur, rue Saint-André-des-Arts, 58, Paris.

vice d'une batterie de piles à dépolarisation par l'air (pile Féry) qui s'est montrée extrêmement supérieure aux piles Leclanché précédemment employées.

*
* *

Il faut soustraire le zinc à l'action de l'oxygène de l'air. — Dans la pile Féry l'électrode positive est un cylindre vertical de charbon d'une nature assez poreuse, l'électrode négative est une plaque de zinc déposée horizontalement au fond de l'élément et le liquide excitateur une solution de sel ammoniac. Le charbon joue le rôle de catalyseur entre l'oxygène de l'air (air libre ou air dissous dans l'électrolyte) et l'hydrogène provenant de l'électrolyse. Cette opération dépolarisante est facilitée par l'éloignement du zinc, métal très oxydable qui pourrait fixer de l'oxygène au détriment de la constance de la pile et aussi en s'usant à circuit ouvert si on ne le plaçait pas au fond de l'élément (1).

Plusieurs des traits de l'élément Féry se trouvaient déjà dans l'ancien élément Maîche ; mais Maîche plaçait son zinc horizontal à mi-hauteur de l'électrolyte, ce qui le laissait baigner par ses deux faces par une solution alcaline de sel ammoniac, tandis que Féry plaça son zinc horizontal tout à fait au fond de l'élément, ce qui ne tarde pas à le faire baigner au contraire, aussitôt que la pile a fonctionné, dans une solution à réaction acide contenant un excès d'oxyde de zinc.

Dans les deux piles Maîche ou Féry le zinc horizontal est si bien soustrait à l'action de l'oxygène de l'air (air libre ou air dissous dans l'électrolyte par sa surface libre) que l'oxydation du zinc est nulle à circuit ouvert : le zinc ne s'use pas au repos, le zinc ne se coupe pas, il se conserve indéfiniment si l'on ne fait pas débiter la pile (2). Ce caractère est d'une importance consi-

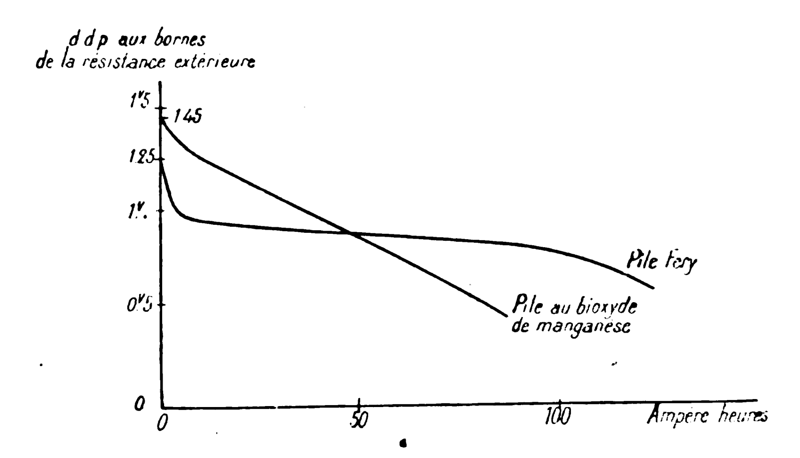
(1) Brevets français, 1er décembre 1914. Pile à densité et à faible usure locale, par M. Féry, Docteur ès sciences, professeur à l'École municipale de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris.

(2) Tommasi (*loc. cit.*) dit que l'oxydation du zinc à circuit ouvert n'atteint pas 1 milligramme par jour dans la pile Maiche; nous avons pu constater qu'il en était de même pour des piles Féry conservées à circuit ouvert pendant deux ou trois ans et dont le zinc est resté pendant tout ce laps de temps absolument intact.

dérable pour des piles auxquelles on ne demandera qu'un petit travail et qui doivent durer longtemps (piles télégraphiques par exemple), et les Administrations qui sauront l'utiliser réaliseront de grosses économies de zinc (1).

*
* *

La pile à dépolarisation par l'air est la seule qui soit constante. — La pile à dépolarisation par l'air jouit de propriétés électriques très différentes de celles de la pile au bioxyde de manganèse. Si l'on prend une pile Féry, par exemple, et qu'on la mette en débit continu sur une résistance extérieure de 50 ohms, on



constate que la différence de potentiels aux bornes de la résistance extérieure tombe très vite à 1 volt environ et se maintient ensuite *à peu près constante* jusqu'à ce que le zinc soit complètement usé (ou bien jusqu'à ce que la pile soit bouchée par des cristaux d'oxyde de zinc si on lui a donné un zinc trop gros pour les dimensions du vase).

(1) Il faut noter cependant que le fait de disposer le zinc horizontalement au-dessous du positif n'implique pas nécessairement que la pile soit à dépolarisation par l'air, mais les piles à bioxyde de manganèse livrées par les fournisseurs sont généralement à zinc vertical, lequel subit une usure locale rapide à circuit ouvert, et l'on gaspille beaucoup de zinc. La pile à bioxyde de manganèse devrait donc être modifiée et recevoir elle aussi un zinc horizontal placé au-dessous du positif.

Les graphiques annexés à l'article rendent bien compte du phénomène.

Dans le cas de la pile au bioxyde de manganèse, la différence de potentiels aux bornes est plus forte au départ que pour la pile Féry, *mais elle tombe d'une façon continue* pendant le débit de la pile.

En d'autres termes, la pile Féry à laquelle on ne demanderait qu'un débit modéré est une pile constante, tandis que la pile au bioxyde de manganèse est une pile plus forte, mais malheureusement à pouvoir dépolarisant qui baisse au fur et à mesure de l'usure de la pile.

Les conséquences de la baisse du pouvoir dépolarisant de la pile au bioxyde de manganèse sont *éminemment funestes en télégraphie*. Les administrations qui constituent des piles télégraphiques avec des éléments au bioxyde de manganèse sont obligées de prévoir que « lorsque, par suite de son fonctionnement, la pile accuse une tension au-dessous des 9/10 du nombre primitif et que l'examen n'indique pas que les éléments soient mauvais, on ajoutera, en tension, un nombre d'éléments nouveaux égal à 1/10 du nombre des éléments constituant la batterie » (1). « Cette opération peut même être renouvelée plusieurs fois successivement, jusqu'à ce que les éléments du début n'aient plus qu'une f. e. m. insuffisante ; alors on met ces éléments au rebut, mais on conserve ceux que l'on avait ajoutés après coup pour être utilisés comme éléments d'adjonction d'une autre batterie ».

Voilà donc des piles télégraphiques dont l'entretien est difficile à assurer, sera dispendieux et risquera d'être mal fait ! Mais les craintes que l'on peut concevoir sont encore dépassées dans la réalité, car au moment de la réfection d'une batterie télégraphique au bioxyde de manganèse, il arrivera souvent que, négligeant les prescriptions qui ont pour objet de ramener le nombre d'éléments à ce qu'il était avant l'installation des éléments d'adjonction, on se contente de remplacer nombre pour nombre tou

(1) Voir Instruction de l'Administration française sur l'Installation des bureaux télégraphiques principaux, Paris 1919. Librairie de l'Enseignement technique, 3, rue Thénard.



les éléments de la vieille batterie par des éléments neufs et ainsi l'on en arrive à travailler avec des batteries de tensions de plus en plus fortes, on fatigue les appareils, on augmente les effets d'induction sur les lignes, on gaspille du courant et du matériel, et *tout cela parce que la pile employée n'a pas une f. e. m. constante pendant son service.*

Ainsi nous sommes persuadés que la pile au bioxyde de manganèse n'est qu'une mauvaise pile télégraphique et que la pile à dépolarisation par l'air lui est très supérieure à cause de sa constance. Que si l'on objecte que la pile au bioxyde de manganèse a une force électromotrice plus élevée, c'est que l'on se laisse séduire par un mirage dangereux.

*
* *

Remarques sur le choix des vases. — Il faut cependant prendre garde que les bonnes qualités de la pile à dépolarisation par l'air pourraient être déformées si le récipient de cette pile était de trop faibles dimensions. Nous avons fait beaucoup d'expériences à ce sujet et nous conseillons de ne guère descendre au-dessous de 19 cm. × 10 cm. × 10 cm. pour des piles télégraphiques. Des essais avec des vases de cette dimension effectués aux bureaux de Saint-Cyr l'École (Morse) et de Saint-Denis (Hughes) donnèrent d'excellents résultats.

La batterie d'Épernay est une batterie modèle. — J'en arrive à l'essai d'Épernay. L'ancien bureau d'Épernay avait été détruit en 1918 par le bombardement des Allemands, et l'Administration des Postes et Télégraphes, qui connaissait déjà les résultats des petits essais entrepris à Saint-Cyr l'École et à Saint-Denis pour la pile à dépolarisation par l'air, décida, aussitôt la fin de la guerre, que le bureau neuf rebâti à Épernay serait muni d'une pile Féry. Les éléments devaient être montés dans les mêmes vases que ceux qui auraient servi pour une pile au bioxyde de manganèse (20 cms. × 12 cms. × 12 cms.) et la pile, installée en batterie

universelle, aurait à assurer le service de 2 appareils Hughes, 1 Morse, 4 sounders et 2 relais translateurs pouvant faire communiquer Épernay avec 40 villes ou localités.

Le montage de la batterie Féry eut lieu le 31 mars 1920. Elle fut constituée avec 61 éléments et elle accusait 78 volts à l'instant de sa mise en service, les zincs pesaient en moyenne 154 gr. par élément, c'est-à-dire étaient moins lourds que ceux des piles au bioxyde de manganèse (270 gr.). D'après ce que l'on sait de la pile au bioxyde de manganèse, une pile au bioxyde de manganèse, n'eût guère duré plus d'un an sans avoir besoin d'être refaite (1). La pile Féry est en service depuis le 31 mars 1920 (2) sans avoir nécessité la moindre opération d'entretien et elle est encore loin d'être usée (3).

Remarque générale. — La batterie n'a été l'objet, depuis sa mise en service d'aucun travail d'entretien, sauf, une fois, l'adjonction d'un peu d'eau pure dans les vases pour compenser les pertes par évaporation.

Chaque élément contient quelques cristaux d'oxyde de zinc mais en petite quantité. Les zincs se sont amincis très également sur toute leur surface et sont encore en très bon état.

La batterie peut durer encore longtemps sans avoir besoin d'être refaite. Le service des appareils télégraphiques n'a pas cessé un seul instant d'être satisfaisant.

Il est impossible, après avoir examiné ce tableau, de ne pas conclure que la batterie d'Épernay n'ait pas constitué une pile télégraphique *parfaite*.

*
* *

Le tableau suivant donnera des renseignements plus précis sur la batterie d'Épernay :

---

(1) Voir *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*, année 1919, page 104. Au bureau de Limoges, en 1918, pour un nombre total d'éléments égal à 560, on en remplaçait une centaine chaque mois, ce qui portait la durée moyenne d'un élément à six mois seulement. Le bureau de Limoges est, il est vrai, plus important que celui d'Épernay.

(2) Le présent article est daté du mois de juin 1922, soit 2 ans 2 mois après la mise en service de la batterie d'Épernay.

(3) Ceci donne une idée frappante de la mauvaise utilisation du zinc dans les types usuels de pile au bioxyde de manganèse.



Date	Force électro-motrice	Observations
31 mars 1920.....	78 volts	Avant la mise en service.
31 mars 1920.....	72 —	Après 3 heures de service — *Le chiffre de 72 volts peut être considéré au point de vue pratique comme le véritable chiffre de départ.*
2 avril 1920.....	72 —	
7 avril..........	70 —	
30 avril..........	68 —	
18 mai...........	68 —	Résistance intérieure de la batterie égale à 15 ohms, soit 0 ohm 25 par élément.
2 juillet.........	69 —	
9 septembre	66 —	
8 novembre.....	66 —	Les zincs ont perdu chacun environ 20 grammes depuis la mise en service.
22 avril 1921.....	63 —	Les zincs ont perdu chacun environ 40 grammes depuis la mise en service.
5 août...........	65 —	
Janvier 1922..	62 —	Résistance intérieure de la batterie égale à 60 ohms, soit 1 ohm par élément. Chaque élément contient quelques cristaux d'oxyde de zinc, mais en petite quantité : Les zincs sont amincis très également sur toute leur surface et sont encore en très bel état.
16 mars..........	61 —	Trouvé un vase en verre fêlé et dans lequel il ne restait du liquide qu'à la partie inférieure pour immerger le zinc et la base du charbon sur 0cm,5 environ. Cet élément avait une force électro-motrice de I v. et une résistance intérieure de 7 ohms,5 — la batterie fonctionnait normalement malgré sa présence. L'on a procédé à la réfection de cet élément dans un vase neuf.

Je terminerai par un anecdote qui renforcera la conclusion de cette étude technique :

Lorsque la batterie à dépolarisation par l'air fut installée à Épernay, le 31 mars 1920, on jugea prudent de monter à côté de celle-ci et prête à lui être substituée en cas de défectuosité, une batterie ordinaire de piles au bioxyde de manganèse. Cette batterie de secours au bioxyde de manganèse n'a jamais servi, mais néanmoins, rongée par l'usure locale, elle a dû être démontée au commencement de 1921 tandis que la batterie Féry qui a constamment travaillé, lui survivra encore longtemps !

LES TÉLÉGRAPHES AUX ÉTATS-UNIS
VUS PAR UN INGÉNIEUR ANGLAIS (1).

Il y a un peu plus d'un an, j'eus la bonne fortune d'être envoyé en Amérique pour y étudier les méthodes de construction et d'exploitation des compagnies télégraphiques et téléphoniques.

On ne saurait établir de comparaison sérieuse sans être au courant de *tous* les faits, et même alors il conviendrait de se montrer prudent. Mon mémoire est donc un simple exposé des faits. Toutefois, je tiens à dire que je n'ai pas trouvé à New-York un service téléphonique meilleur que celui de Londres, et cela précisément pour la même raison : la difficulté qu'on eut à se procurer de bonnes opératrices pendant la guerre.

Un relèvement des tarifs est imminent. — Les compagnies téléphoniques et télégraphiques privées sont en train de préparer un relèvement général des tarifs et, bien que cela s'écarte un peu de mon sujet, je ne puis m'empêcher de vous parler d'une des nombreuses affiches que la « New-York Telephone C° » avait répandues à profusion pendant mon séjour à New-York. En voici la teneur :

Si vous vous étonnez de ce que nous demandons un relèvement des tarifs, lisez ceci :

Par rapport au prix de 1914, le prix des câbles a augmenté de 69 %.

Les salaires sont, cette année, supérieurs de 13 millions de dollars aux salaires payés en 1919.

---

(1) Extrait d'un mémoire lu par l'ingénieur H. H. Harrison à la Société télégraphique et téléphonique de Londres (février 1922).



Un multiple téléphonique qui coûtait 638.000 dollars en 1914 en coûte aujourd'hui 1.342.000.

En 1914, pour raccorder un câble à 600 paires, il nous en coûtait 21 dollars. Pour le même travail, nous devons payer aujourd'hui 41 dollars.

Et ainsi pour tout le reste.

Or nos bénéfices s'élevaient à 751.291.000 dollars ; depuis lors ils n'ont fait que décroître ; au mois de juillet dernier nos dépenses étaient supérieures à nos recettes de 731.670 dollars.

Que feriez-vous si cette entreprise était vôtre?

Rôle prépondérant du télégraphe dans les transactions américaines. — L'étranger est tout de suite frappé par le rôle prépondérant que la télégraphie joue dans la vie des hommes d'affaires américains. Dans les grandes villes, on trouve un bureau télégraphique presque dans chaque rue. Tous les hôtels tant soit peu importants possèdent un bureau exploité par la « Western Union » et par la « Postal C° ». Les circuits d'hôtel sont des lignes omnibus ; plusieurs postes sont montés en série sur la ligne qui travaille à circuit fermé ; les seuls appareils employés sont un manipulateur, un récepteur et l'inévitable « vibroplex » ou transmetteur rapide.

Les entrepôts de la maison Armour and C°, à Chicago, sont desservis par un bureau télégraphique privé occupant trente opératrices. Une importante compagnie d'assurances de New-York possède un bureau dans la ville haute et un bureau dans la ville basse reliés télégraphiquement par trois installations duplex (appareils imprimants Kleinschmidt et télétype Morkrum) ; à mon avis le service est bien meilleur que s'il était assuré par téléphone.

L'extension prise ainsi par le télégraphe s'explique : l'Amérique est le pays des distances considérables. Certains grands centres industriels sont à 10 ou 20 ou 30 heures de chemin de fer l'un de l'autre, même avec les trains rapides. Les fluctuations des cours doivent être connues sans tarder ; d'autres fois, il s'agit de transmettre dès que possible des ordres en vue de satisfaire à des

demandes inattendues. C'est là la raison de l'usage intensif des télégraphes.

On pourrait croire que le service téléphonique à longue distance risque de détrôner le service télégraphique ; il semblerait que ce soit plutôt le contraire. Un des fonctionnaires d'une grande compagnie télégraphique en donnait l'explication suivante :

« Un ordre précis relatif à un achat, à une vente, à un envoi précis est transmis à meilleur compte par le télégraphe que par le téléphone à longue distance. Lorsqu'un directeur ou un administrateur (l' « exécutif » comme disent les Américains) a pris une décision, il tient à transmettre immédiatement ses instructions. Lorsqu'il a expédié un télégramme, pour lui, l'affaire est terminée. C'est tout autre chose quand il doit attendre une communication sur les circuits à longue distance. On ne se sert du téléphone que lorsqu'on a besoin de communiquer personnellement avec quelqu'un. L'homme d'affaires américain est le plus souvent un paquet de nerfs ; il adopte toujours le procédé le plus simple et le plus rapide quand il ne doit en résulter aucun inconvénient.

Les deux grandes compagnies télégraphiques américaines. — Il existe aux États-Unis deux grandes compagnies télégraphiques : la « Western Union » et la Postal C°. La liaison transatlantique entre l'Angleterre et la « Postal C° » est assurée par sa filiale, la « Commercial Cable C°. » La compagnie « American Telephone and Telegraph C° » loue simplement ses circuits ; il en est de même pour les autres compagnies dont le nom indique les deux genres de service. Nous y reviendrons plus loin. Il existe deux administrations télégraphiques en concurrence commerciale sur toute l'étendue du vaste territoire américain ; elles ont deux façons de faire radicalement différentes.

Telle un poulpe géant, la « Western Union » étend ses tentacules au loin. La petite halte de chemin de fer, à des centaines de kilomètres de la civilisation, porte l'enseigne « bleu et blanc » connue de tous.

La « Postal C° » néglige les hameaux. Elle dessert tous les grands centres et toutes les villes de moyenne importance; les messages pour d'autres destinations sont retransmis en cours de route.

Ce n'est pas la seule différence. La « Postal C° » est restée fidèle au morse ; elle a mis à l'essai le rowland quadruple-duplex, mais elle a fait fi de la télégraphie automatique. Toutes les lignes importantes sont formées d'un nombre de circuits suffisant pour écouler tout le trafic, et la télégraphie Morse règne ici en souveraine.

La « Western Union » a adopté d'emblée la télégraphie automatique; son équipement est égal, sinon supérieur à l'ensemble des appareils similaires utilisés dans tous les autres pays. Le système adopté est le duplex-multiplex à cinq signaux construit par la « Wester Union » en collaboration avec la Western Electric C°, et basé sur les brevets déposés par Donald Murray. Les économies en conducteurs sont considérables, et, ici encore, les distances contribuent au succès de cette manière de procéder.

Les deux compagnies ont meublé et décoré leurs bureaux principaux et secondaires chacune à sa façon. Lorsqu'il compare les deux compagnies à l'administration anglaise, l'observateur non prévenu ne peut manquer d'être frappé par les avantages résultant de leur spécialisation.

Les attributions multiples du Post office britannique ne lui permettent pas d'ouvrir, dans une grande ville, un grand nombre de bureaux auxiliaires, tenus par un homme ou une femme, équipés très simplement et chargés exclusivement de taxer et d'expédier des télégrammes. Le petit bureau en question peut être minuscule et relégué dans quelque coin, à condition qu'il soit bien en vue. L'installation se composera normalement d'un sounder, d'un manipulateur, d'un guichet, d'une petite table à l'usage du public, de deux chaises, et bien entendu, d'un téléphone.

Rapidité du service. Facilités offertes au public. — Un examen, même sommaire, du trafic fait immédiatement ressortir

la rapidité du service entre les grandes villes ; on ne la rencontre nulle part ailleurs. Les citoyens américains tiennent beaucoup à la rapidité du service et ils sont toujours prêts à abandonner la compagnie qui les sert mal pour s'adresser à celle qui les sert mieux. Les deux compagnies sont donc obligées d'assurer le meilleur service possible ; on doit dire que la crainte de perdre leur clientèle n'est pas le seul stimulant. Pour les télégraphistes, un bon service est de tradition ; tout retard, même lorsqu'il se produit indépendamment de leur volonté, est une malédiction. Personne ne « tire au flanc » dans les bureaux télégragraphiques américains. « Travaillez ou partez » tel est, semble-t-il, le mot d'ordre ; ou encore celui-ci : « allez toujours bon train ». L'employée du bureau télégraphique de l'hôtel où j'étais descendu assurait à la fois le service du guichet et celui de l'appareil ; elle parlait français, allemand et espagnol ; mais je ne saurais dire si ce cas est ou non une exception.

Le service des lettres-télégrammes, des câblogrammes différés, des « week-end » télégrammes, avait été suspendu pendant la guerre. Il devait être repris dès que la chose serait jugée réalisable, car il contribue à l'amortissement des frais généraux des lignes et des installations.

Le service des mandats télégraphiques fonctionne comme en Angleterre ; il est l'objet d'attentions spéciales. Certain jour, je demandai des fonds à Chicago par télégraphe ; une heure après, l'argent m'était remis à l'hôtel même, que je n'avais pas quitté. Aux heures de trafic intense, le délai peut atteindre deux heures ; mais même en ce cas on peut dire que le service est satisfaisant.

Il est à la fois amusant et intéressant de voir comment les compagnies s'y prennent pour amener le public à se rendre compte du caractère d'utilité que possède le télégraphe. Elles font effectuer de copieuses distributions de brochures admirablement imprimées, illustrées et reliées, et d'un format qui permet de les loger facilement dans la poche. En voici quelques échantillons :

1° *Conseils pratiques pour la rédaction des télégrammes et câblogrammes*, brochure de 19 pages donnant des renseigne-

ments précieux et comprenant des tableaux qui permettent un calcul facile des taxes.

2° *Formules télégraphiques*, brochure de 24 pages, indiquant les phrases à adopter de préférence en diverses circonstances. Il y a toutefois une omission : on n'y trouve pas de formule de demande en mariage... par télégraphe.

3° *Le télégraphe donne de bons résultats*, brochure de 30 pages indiquant comment on doit se servir du télégraphe pour vendre ou acheter, pour faire de la réclame, et, d'une façon générale, pour faire de bonnes affaires.

4° *De la vente par télégraphe*, brochure de 32 pages qui montre combien les télégrammes et les lettres-télégrammes facilitent les transmissions. Ce sont des « représentants » qui ne demandent pas de frais de voyage, ni de tant pour cent sur les affaires ; ils ne s'arrêtent pas pour dormir ; ils ne manquent pas le train, et le client n'est jamais trop occupé pour les recevoir personnellement.

5° *Le télégraphe : son historique et son importance actuelle*, brochure de 24 pages copieusement illustrée ; on y trouve une photographie de l'inventeur Morse, de son appareil rudimentaire et évidemment des photographies des appareils multiplex du dernier modèle.

Si vous attendez des amis d'Angleterre, vous pouvez profiter de la station que la « Telegraph C° » a fait installer à Sandy Hook pour signaler l'arrivée des navires attendus. Il n'est pas nécessaire que vous vous rendiez longtemps à l'avance sur les quais : la compagnie vous préviendra assez tôt pour que vous puissiez vous rendre à la dernière minute au débarcadère. Désirez-vous faire parvenir des fleurs à votre mère, à votre femme, à votre fiancée, à deux ou trois mille kilomètres du lieu où vous êtes ? Ce sera fait en une heure ou deux. Il suffit que vous vous rendiez au bureau des télégraphes où vous ferez connaître la somme que vous désirez consacrer à l'achat d'un bouquet. Vous payerez le prix du télégramme en sus de cette somme et tout sera dit. La fleuriste recevra télégraphiquement les instructions nécessaires ; l'argent lui sera versé par les soins de la « Telegraph C° ».

Il vous est encore possible de vous faire envoyer l'heure exacte tous les matins ; enfin, vous pouvez vous abonner au service télégraphique de Bourse.

Le morse et le vibroplex. — Malgré l'extension prise par la télégraphie automatique, le télégraphe manuel Morse est toujours très en vogue. J'ai vu souvent fonctionner des installations Morse : le rendement n'avait rien d'exceptionnel. Le code américain comprend plusieurs lettres formées de plusieurs points ; lorsque ces signaux sont transmis au moyen du « vibroplex » ils semblent très rapides. Après quelques jours, en substituant quelques signaux du code continental aux signaux correspondants du code américain, j'arrivais à lire le sounder du bureau de l'hôtel sans la moindre difficulté, et j'en concluais qu'en général la vitesse de transmission en Amérique ne mérite pas une mention spéciale.

Lorsque le personnel qui dessert les fils télégraphiques est payé d'après le nombre de télégrammes écoulés (« bonus wires »), il se sert du code Phillips. Ce code comporte plusieurs centaines d'abréviations ; bien qu'on m'ait dit que son emploi était officiellement prohibé, il semble que les compagnies ferment les yeux. L'opérateur qui traduit sur une machine à écrire (« mill » en argot de métier) les télégrammes qu'il reçoit au son, est toujours en avance sur celui qui les transmet ; mais le code Philipps les place sensiblement sur le même pied l'un et l'autre ; à ce point de vue, il se peut que la transmission soit légèrement accélérée. Il ne faut pas perdre de vue ces faits, lorsqu'on entend dire que les Américains transmettent au Morse de 40 à 45 mots par minute.

Autrefois, les télégraphistes étaient propriétaires des machines à écrire sur lesquelles ils traduisaient en clair les signaux Morse. Aujourd'hui, les machines sont fournies par la compagnie. Ceci a du bon : le même type de machine sert partout et les télégrammes distribués se présentent sous le même aspect.

Presque tous les télégrammes sont transmis avec un appareil du type « vibroplex ». Ce sont les télégraphistes qui les fournissent ; la compagnie en assure l'entretien. On m'a dit que cette

solution était pratique, car autrement on constatait que les postes à relais fonctionnaient mal par suite des mauvais contacts sur le transmetteur. J'ai appris à me servir de cet appareil ; j'ai pu constater ainsi qu'il ne présentait pas d'avantages sérieux avec le code Morse continental ; toutefois, j'admets que les Américains obtiennent un bon rendement en utilisant cet appareil sans effort apparent. Il m'a été rapporté que plusieurs « as » du vibroplex ne pouvaient pas se servir correctement d'un manipulateur Morse ordinaire !

Tous les dispositifs d'équilibrage des installations duplex et quadruplex sont placés à part et sont surveillés par un personnel spécial. Dans la salle de manipulation on ne voit que des transmetteurs et des sounders. Le télégraphiste ne sait jamais s'il travaille sur le côté A ou le côté B d'un circuit quadruplex. En cas de dérangement, l'employé abaisse une clé pendant quelques secondes ; aussitôt le préposé aux dérangements vérifie le circuit signalé comme défectueux. Ce système m'a particulièrement frappé. L'équilibrage et le réglage sont confiés à des spécialistes ; les dispositifs confiés à leurs soins sont installés dans une pièce propre et tranquille ; pas de va-et-vient comme dans une salle de transmission ordinaire et par suite pas de déplacement des poussières. Lorsqu'un dérangement est signalé sur un « bonus wire », croyez bien qu'il est promptement relevé !

L'appareil télégraphique américain diffère notablement de l'appareil anglais, bien qu'on puisse noter une tendance à adopter ce dernier, ou plus exactement, une variante de ce dernier. En Amérique, on fabrique le relais étalon B en grandes quantités. Toutefois, il a des dehors moins brillants : la boîte en laiton poli et verni est remplacée par une boîte en « micarta », et les bornes sont d'un modèle plus ordinaire. La plupart des relais pour lignes principales sont du type Gulstad. Les tables qui supportent les appareils et les relais sont en fers en cornière avec planches en bois de teck. Pas de bois d'acajou, pas de cuivre étincelant ici ! Un utilitarisme austère est la note dominante. On utilise fort peu les relais polarisés.

Les Américains savent mieux que nous tirer parti de leurs

lignes : la compagnie « A. T. and T. » loue ses circuits téléphoniques appropriés à la télégraphie. Rien de sensationnel dans l'équipement de ces circuits, qui peuvent être desservis au Morse ou avec des appareils imprimants. On n'enregistre aucun bruit parasite du fait de cette superposition des circuits ; il faut dire que les ingénieurs américains des téléphones et des télégraphes ont le bénéfice d'un climat favorable.

Pour équilibrer les circuits duplex et quadruplex, on ne se sert plus de doigt appuyé sur l'armature des relais, mais de milliampèremètres différentiels fabriqués par la compagnie Weston. Ces milliampèremètres et les relais américains B sont les meilleurs organes des installations ; le reste : commutateurs, rhéostats, condensateurs paraissent un peu « camelote » aux yeux d'un Anglais. A ce sujet, le point de vue américain diffère beaucoup du nôtre et pourvu que l'appareil fournisse un bon service, peu importe son aspect. J'ai l'impression que les Américains font souvent fausse route en ce qui concerne ce point particulier.

Les appareils automatiques. — Exception faite pour les télégraphes commerciaux (« stock tickers »), tous les appareils automatiques américains sont du type à cinq signaux. Sur les lignes principales, le service est assuré avec des installations doubles, triples et quadruples ; sur les lignes d'importance secondaire, au moyen d'installations simples ou doubles (« stop-start systems »). Les fils ainsi desservis sont reliés aux fils principaux, ce qui donne de grandes facilités pour l'écoulement du trafic.

Le multiplex américain possède les caractéristiques principales suivantes :

a) Les moteurs pour distributeurs sont du type à roue phonique actionnée par un puissant diapason ;

b) les distributeurs sont du type à simple plateau à quatre rangées concentriques de segments : réception, transmission, correction et transmission en local, la dernière servant pour les transmetteurs à bande et pour fermer les circuits des aimants pour l'impression ;

c) les perforateurs à clavier et les transmetteurs à bande sont

employés partout, même sur les appareils des installations simples (« stop-start » apparatus) ;

d) la correction est toujours réalisée par les signaux eux-mêmes ;

e) les circuits sont duplexés en permanence ;

f) les récepteurs sont du modèle avec roue des types ou du modèle avec leviers porte-types. Il s'agit, dans le premier cas, des traducteurs « Western Electric » et « Morkrum » ; dans le second, du traducteur Kleinschmidt et de l'imprimeur « dread-nought » de la « Western Electric » ; ces deux derniers impriment sur page ;

g) les tables supportant les appareils sont en bois de teck ; les pieds et cadres, en fers en cornière ;

h) toutes les connexions sont établies en câble dont la couleur est indiquée par un code des couleurs ;

i) on peut enlever n'importe quelle pièce des appareils sans toucher à un fil ;

j) les dispositifs permettant de réaliser l'équilibre, le synchronisme et la cadence sont, avec le distributeur et le diapason, groupés comme en Angleterre.

Arrêtons-nous un instant aux conditions d'exploitation.

J'ai constaté que les télégraphistes se servent du perforateur avec une habileté remarquable. Elles préparent de 45 à 50 mots par minute sans difficulté et sans la moindre erreur, ce qui est important. Ceci est dû à la méthode d'instruction poursuivie comme nous allons le voir. Dès le début, l'opératrice travaille sans regarder son clavier ; pour empêcher qu'elle y porte les yeux à la dérobée, un écran métallique est posé au-dessous de ses mains. Elle s'aide, pour trouver la touche, d'une carte reproduisant le clavier en grandeur naturelle ; les mêmes doigts doivent toujours frapper les mêmes touches. Tous les doigts travaillent ; les pouces ne servent que pour les blancs (espacement des caractères). L'opératrice apprend la position des lettres de la première rangée, puis de celles de la deuxième et ainsi de suite ; elle fait divers exercices convenablement choisis pour la familiariser tout à fait avec son clavier. On lui apprend aussi à

abaisser les touches en cadence. La méthode anglaise — qui n'en est pas une — suivant laquelle les apprentis apprennent, sans guide aucun, la manœuvre du clavier est inconnue aux États-Unis. Si seulement les dactylographes voulaient se rendre compte combien leur travail se trouverait facilité le jour où elles posséderaient par cœur leur clavier, et s'en serviraient rationnellement, la méthode routinière serait à jamais reléguée dans les limbes. Les perforateurs à clavier m'ont paru fatiguer beaucoup moins les nerfs que la machine à écrire ; ils sont moins bruyants ; l'extrémité des doigts ne ressent pas la petite secousse qui ébranle les leviers de la machine à écrire quand le caractère frappe le rouleau.

La « Western Union C° » a fait effectuer de nombreuses études du trafic afin de calculer le nombre de circuits et la vitesse de transmission qu'il convient d'adopter pour liquider un volume de trafic donné.

En Amérique, l'adresse n'est pas taxée ; seul le texte des télégrammes compte. En moyenne, le nom et l'adresse des destinataires forment un total de 14 mots (exactement : 13,93 mots). Les télégrammes ont en moyenne 12 mots de texte ; les signaux de commande du chariot, avec la réception en page, sont en moyenne de 4,75 mots par télégramme. Ainsi constitué, un télégramme est composé en moyenne de 30,68 mots dont 12 seulement (soit 39,1 %) sont taxés. La capacité de rendement du circuit se trouve encore réduite pour les raisons suivantes :

1° les collationnements et répétitions représentent 5 % du nombre total des télégrammes. La longueur d'une répétition est sensiblement égale à la moitié d'un télégramme moyen, de sorte qu'une répétition et un collationnement font un télégramme complet, mais, comme il n'y en a que 5 %, la surcharge par télégramme est de $30,78 \times 0,05 = 1,534$ mots ;

2° les répétitions des seuls chiffres représentent 3,51 mots par télégramme ;

3° les reperforations, délais de démarrage et d'arrêt, réduisent la capacité de chaque circuit d'environ 0,2 mots par minute ;

4° les pertes de rendement dues aux reprises des télégrammes

non complètement transmis sont en moyenne de trois télégrammes par heure. La longueur d'un message, tout compris, est donc égale à

$$31 + 1{,}65 + 3{,}51 = 36{,}16 \text{ mots.}$$

La capacité d'une ligne, en télégrammes par heure, est égale à la vitesse de transmission par minute multipliée par 60 et divisée par 36,16 mots. A la vitesse de 45 mots par minute, on obtient $\frac{45 \times 60}{36{,}16} = 77{,}7$ télégrammes à l'heure. Si l'on adopte 30,68 mots comme longueur moyenne des télégrammes, la capacité théorique est, par ligne, de 88 télégrammes ; par suite, la capacité réelle est égale à 88 °/₀ de la capacité théorique.

Même lorsque les circuits sont duplexés, c'est le même opérateur qui assure la transmission et la réception. J'ai pu constater qu'un bon employé assure le départ et l'arrivée des télégrammes sans fatigue apparente.

Installation des bureaux. — J'ai visité les importants bureaux télégraphiques que les compagnies « Western Union » et « Postal » possèdent à New-York ainsi que le bureau de la « Western Union » à Chicago. J'ai également rendu une visite hâtive au nouveau central télégraphique que cette compagnie faisait installer à Chicago ; les travaux en étaient encore au début.

Dans tous les centraux de ces compagnies, les dynamos ont remplacé les batteries : aujourd'hui, je suis un partisan convaincu de ce système. J'avais été frappé par la propreté de la chambre des machines, par le réglage automatique du débit, par la sûreté de fonctionnement des génératrices. Dans les grands bureaux, le câblage ne laisse rien à désirer : les câbles ignifugés reposent dans des conduites ignifugées qui les amènent sur les tables de manipulation qui sont environ trois fois plus longues que celles dont on se sert en Angleterre. J'ai été surpris de la manière simple et pratique dont sont groupées les lignes à faible trafic. Au lieu d'une rosace desservie par un employé, les Américains emploient de petits tableaux à six lampes et jacks ; les opéra-

teurs prennent eux-mêmes la ligne. On se sert beaucoup des lampes d'appel ; les contrôleurs peuvent ainsi se rendre facilement compte qu'un poste appellè et qu'on tarde à lui répondre.

Les transporteurs à bandes sont d'un usage courant. La bande circule au milieu de chaque table de manipulation; les télégrammes reçus y sont déposés : une seconde bande, qui passe sous le plancher, apporte les formules à l'employée chargée de la distribution. Les bandes circulent dans une cage de verre, de sorte qu'on peut voir si les formules ne quittent pas accidentellement la bande mobile.

Les tables de mesures ne présentent rien de particulier. Les fiches et jacks rappellent les mêmes organes d'une table de mesures téléphoniques, mais sont d'un modèle plus gros ; il doit en être ainsi pour des raisons d'isolement car les tensions sont parfois de l'ordre de 200 et 250 volts sur certains circuits.

Les lavabos sont installés à la perfection. Je n'ai rien vu d'approchant en Europe. Ceux qui sont réservés aux porteurs de télégrammes de la « Western Union » à New-York sont en marbre blanc avec montures en fer nickelé. Les porteurs (des jeunes gens pour la plupart) peuvent faire réparer et repasser leurs effets par un tailleur, lorsqu'ils ne sont pas de service.

Les bureaux ouverts au public sont vastes, bien éclairés ; ceux qui sont de construction récente sont de petites merveilles d'architecture. A ce point de vue, ils diffèrent sensiblement de la plupart des grands centraux européens d'aspect austère et sombre.

Le service des câbles. — Le service des câbles en Amérique ne mérite aucune mention spéciale. On n'essaye pas d'atteindre des vitesses excessives. On se sert surtout des amplificateurs pour obtenir une plus grande lisibilité des signaux. Ceux-ci arrivent à NewYork directement. Ils sont reçus par un opérateur qui les retransmet automatiquement à un second opérateur qui les lit au son et les reproduit à la machine à écrire. Cette seconde opération peut paraître superflue ; il n'en est rien, car elle présente l'avantage de donner des télégrammes tapés à la machine. Il

faudrait plus de temps pour les taper à la machine d'après la bande du recorder à siphon. A l'époque de ma visite, on procédait à des essais de télégraphie transatlantique ; ils se poursuivent encore à l'heure qu'il est avec des appareils imprimants.

La radiotélégraphie. — J'ai eu l'occasion d'étudier de près la radiotélégraphie à grande distance ; les résultats obtenus jusqu'ici ne paraissent pas des plus encourageants. J'ai été surpris de l'importance des perturbations atmosphériques ; nous n'avons rien de pareil de ce côté de l'Atlantique. On m'a dit que, dans la journée, les heures vraiment calmes étaient peu nombreuses. Tant qu'on n'aura pas trouvé un remède efficace, la téléphonie transatlantique à grand rendement restera impossible. Les dispositifs d'anti-induction, autour desquels on a fait tant de bruit, sont surfaits ; il reste tout à faire, ou à peu près, à ce point de vue. Néanmoins, les Américains poursuivent avec ardeur l'étude de ces questions, et si nous pouvons nous vanter de tenir la tête en ce qui concerne la télégraphie par câbles, nous avons à travailler d'arrache-pied si nous voulons rattraper les Américains sur le terrain de la radiotélégraphie.

A l'époque de ma visite, on procédait à l'installation de la puissante station de Long Island ; je n'en ai rien vu. J'ai discuté sur la T. S. F. à grande distance avec plusieurs télégraphistes américains ; ils ont convenu qu'il restait beaucoup à faire avant de pouvoir organiser un service permanent, de jour et de nuit. Lorsque ce but sera atteint, les câbles auront à souffrir de la concurrence, mais pour l'instant ils n'ont pas à la redouter.

Télégraphie multiple à haute fréquence. — Je dois à l'obligeance de l' « A. T. and T. C° » d'avoir vu fonctionner une ligne exploitée à haute fréquence : 15 communications pouvaient être échangées simultanément sur le même circuit. Les conversations téléphoniques étaient très bonnes, claires et sans friture. Le télégraphe est réellement un système multiple harmonique à haute fréquence rendu très efficace grâce aux lampes génératrices dont les ondes pures se prêtent à une sélection rigoureuse à l'arrivée, et grâce à l'adoption de méthodes empruntées à la technique de la

T. S. F., et rendues applicables en raison des hautes fréquences utilisées. Les ondes de battements, — causes d'interférence dans les anciennes méthodes —, sont étouffées par des filtres de gammes ; les résultats ainsi obtenus sont vraiment impressionnants. Les calculs utilisés en téléphonie ordinaire ne semblent pas applicables aux ondes à haute fréquence dirigées ; au temps de ma visite, on discutait âprement autour d'une loi qui fixerait l'énergie à dépenser utilement pour franchir une distance donnée.

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE SIMULTANÉES.

Description du système américain dit « Composite »

Par M. Barril,
Inspecteur des Postes et Télégraphes.

Le réseau de communications électriques construit en France par le « Signal Corps » pour les besoins de l'Armée américaine, durant les dernières hostilités, était établi en vue d'une exploitation simultanée, télégraphique et téléphonique, de tous les grands circuits.

L'installation, appelée « composite » par les Américains, permet de faire de chaque fil du circuit une ligne télégraphique, de sorte que l'on réalise trois communications avec deux conducteurs.

Des essais viennent d'être effectués par l'Administration à l'aide du matériel cédé par l'armée américaine. Les résultats obtenus étant satisfaisants, il paraît opportun de donner une description complète du système qui est, en fait, la réadaptation de l'ancienne méthode Van Rysselberghe, perfectionnée au point de vue du mode d'appel entre postes téléphoniques extrêmes.

Soient AC et BB les deux fils d'un circuit téléphonique.

Aux points X et Y de ce circuit, des dérivations X—Tg1 et Y—Tg2 constituent les deux amorces connectées aux installations télégraphiques. Comme dans les anciens systèmes Van Rysselberghe et Raymond, des selfs et capacités convenablement disposées évitent le brouillage des courants téléphoniques et télégraphiques, les condensateurs 3 et 4 s'opposent à la propagation du courant continu télégraphique vers l'installation téléphonique.

D'autre part, les enroulements 1-3 et 2-4 de la bobine de self-induction n° 1, intercalés respectivement sur les fils télégraphiques Tg1 et Tg2, ont un coefficient de self-induction calculé de manière à arrêter les courants téléphoniques.

Dispositif complémentaire d'appel. — Si les appels échangés par les postes téléphoniques extrêmes étaient effectués à l'aide du courant à basse fréquence, normalement utilisé, ils nuiraient au fonctionnement des appareils télégraphiques.

Pour obvier à cet inconvénient qui fut la cause principale de l'abandon du système Van Rysselberghe, le courant d'appel à basse fréquence (16 périodes) est, dans le procédé américain, transformé au départ, à l'aide d'un dispositif complémentaire, en courant alternatif à haute fréquence (135 périodes), lequel est à son tour retransformé à l'arrivée, en courant alternatif à 16 périodes pour actionner les organes de signalisation.

La ligne et les dérivations télégraphiques sont ainsi parcourues exclusivement par des courants alternatifs d'appel à 135 périodes. Cette fréquence suffisamment élevée pour n'apporter aucun trouble télégraphique est réalisée à l'aide d'organes de construction relativement simple.

Dans son ensemble le dispositif complémentaire d'appel contenu dans une boîte transportable comprend comme organes essentiels (voir deuxième partie du schéma) cinq électro numérotés de 1 à 5, un vibrateur E à 135 périodes, un groupe de condensateurs F et une bobine de self H.

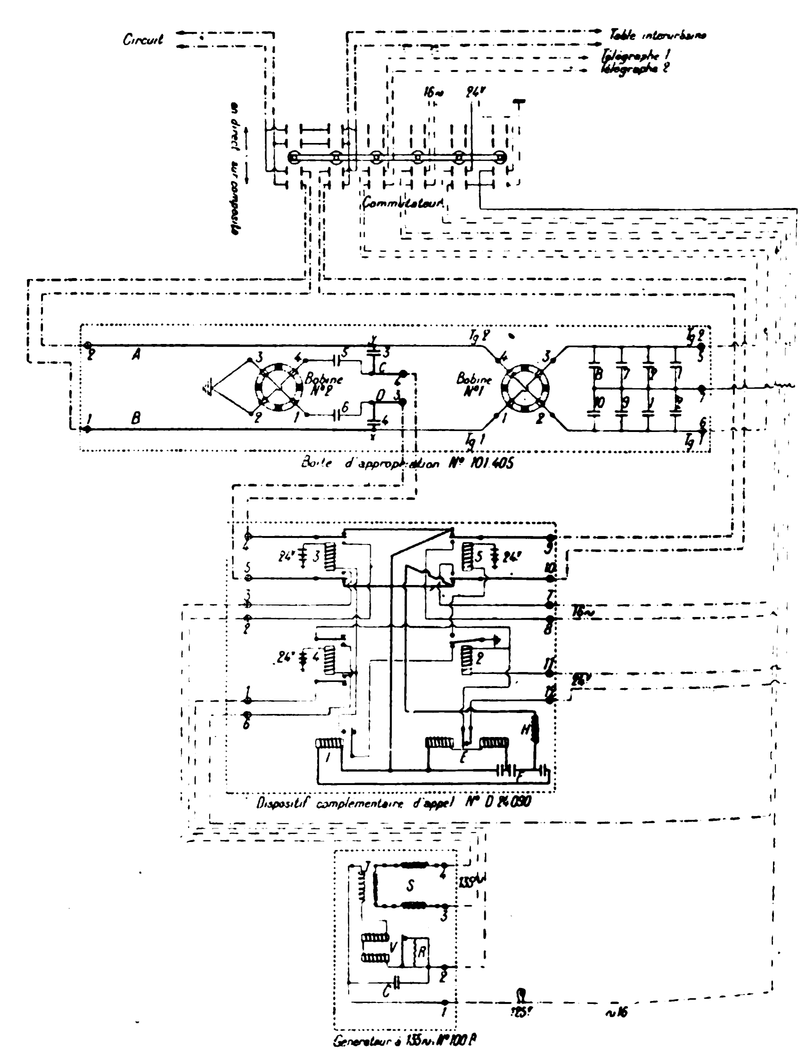
L'électro n° 2, de 2.500 ohms de résistance, est normalement excité ; son armature est donc sur contact de travail.

Générateurs de courants alternatifs à 135 périodes. — Une troisième boîte contient le générateur de courants d'appels à 135 périodes (voir 3e partie du schéma). Ce générateur est constitué par un vibrateur à 135 périodes V, un transformateur T, un condensateur C, une résistance R et une self S.

Commutateur multiple. — Un commutateur multiple établit les connections amovibles nécessaires. Si l'on ne dispose pas de commutateurs Baudot, il peut être fait usage de commutateurs Blanchon doubles dont toutes les manettes sont rendues soli-

daires par une barrette transversale, de manière à simplifier la manœuvre.

Les différentes parties de l'installation sont reliées entre elles, comme l'indique le schéma.



Propagation des courants télégraphiques. — Des courants télégraphiques émis sur les amorces 1 et 2 se propagent à travers la bobine de self n° 1, les points de jonction X et Y aux fils du

circuit téléphonique et la ligne. Nous avons vu que les condensateurs 3 et 4 empêchaient la dérivation de ces courants vers l'installation téléphonique.

Les courants télégraphiques provenant des postes correspondants suivent évidemment la marche inverse sans nuire au téléphone.

Propagation des courants d'appels téléphoniques. — Départ. — Un courant d'appel à 16 périodes émis par l'opératrice de la table interurbaine se ferme à travers une armature de l'électro 5, son contact de repos, une dérivation excitant l'électro 1 à grande impédance, le premier condensateur du groupe F, la bobine de self H, retour à l'autre armature de l'électro 5 et à la table.

En raison de la basse fréquence de ces courants alternatifs, ils sont sans influence sur le vibrateur E dont l'armature n'est actionnée que par les courants à 135 périodes de fréquence.

L'électro 1 à grande impédance étant excité, son armature reliée à la terre de l'armature de l'électro 2 est attirée et met à la terre la batterie de 24 volts à travers les électros 3 et 4 qui se trouvent ainsi eux-mêmes excités, et dont les armatures passent, par suite, du contact de repos sur le contact de travail.

Le fonctionnement de l'électro 3 a pour effet :

1° D'arrêter les courants d'appel à basse fréquence venant des armatures de l'électro 5 et qui doivent être entièrement dérivés sur l'électro 1 ;

2° De diriger sur la ligne les courants d'appel à haute fréquence provenant du générateur à 135 périodes et se propageant par les bornes d'entrée 2 et 3 du dispositif complémentaire d'appel, les contacts de travail de l'électro 3, ses armatures, les bornes de sortie 4 et 5 du dispositif complémentaire d'appel, les bornes d'entrée 3 et 4 de la boîte d'appropriation, les condensateurs séparateurs 3 et 4, les bornes de sortie 1 et 2, les contacts de ligne du commutateur multiple et les fils de ligne.

Le fonctionnement de l'électro 4 met en marche le générateur à 135 périodes. En effet, le courant d'appel à 16 périodes arrivant à la borne d'entrée 1 du générateur se propage à travers l'enroulement primaire du transformateur T, l'électro-vibreur V,

la borne de sortie 2 du générateur, la borne d'entrée 1 du dispositif complémentaire d'appel, l'armature attirée de l'électro 4 et son contact de travail relié à la terre de l'alternatif par la borne de sortie C.

Le courant alternatif à 135 périodes, que la vibration à cette fréquence de la lame vibrante de l'électro V produit dans le circuit primaire (2-T primaire, électro, lame vibrante et 2) détermine dans le secondaire du transformateur T un courant induit de même fréquence qui sort par les bornes 3 et 4 du générateur, entre dans le dispositif complémentaire d'appel par les bornes 2 et 3, va aux contacts de travail de l'électro 3 et de là, par les armatures attirées de cet électro, se propage vers les bornes de sortie 4 et 5 du dispositif complémentaire d'appel, les bornes d'entrée 3 et 4 de la boîte d'appropriation, les condensateurs 3 et 4, les bornes de sortie 1 et 2, le commutateur multiple et la ligne *Arrivée*. Le courant d'appel à 135 périodes, venant de la ligne, suit la marche inverse de celle indiquée ci-dessus et arrive ainsi jusqu'aux contacts de repos de l'électro V pour, de là, se dériver et se fermer sur l'électro-vibrateur E, dont l'armature, accordée sur 135 périodes, se met à vibrer.

Le fonctionnement de cet électro coupe la terre de l'électro 2 dont l'armature, en passant sur contact de repos, donne à son tour une terre à l'électro 5 qui est ainsi excité.

Les armatures de ce dernier électro butant sur les contacts de travail reliés au courant d'appel à basse fréquence par les bornes de sortie 9 et 10, envoient ce courant vers le commutateur multiple et la table interurbaine, où les organes de signalisation correspondants fonctionnent comme ceux des autres circuits non installés en « simultané ».

Marche des courants de conversation. — Les courants de conversation venant de la ligne suivent la voie : commutateur multiple, bornes d'entrée 1 et 2 de la boîte d'appropriation, les condensateurs 3 et 4, les bornes de sortie 3 et 4, les bornes d'entrée 4 et 5 du dispositif complémentaire d'appel, les armatures et contacts de repos de l'électro 3, les contacts de repos et armatures de l'électro 5, les bornes de sortie 9 et 10, le commutateur multiple et la table interurbaine.

La dérivation sur les électro 1 et E a une impédance suffisante pour ne pas être nuisible à la propagation des courants de conversation.

Recommandations particulières. — a) Le commutateur multiple permet de mettre l'installation appropriée en service ou de la supprimer par une simple manœuvre de la manette. Comme, dès la mise en service, l'électro 2 débite en permanence, il est recommandé, à la clôture du service télégraphique ou lorsque l'installation n'est pas utile, notamment en cas de dérangement du circuit, de manœuvrer le commutateur multiple afin de supprimer les alimentations d'énergie et de relier en direct la ligne à la table.

b) Les courants télégraphiques étant de nature à déterminer des troubles inductifs d'autant plus gênants pour l'exploitation téléphonique que les voltages employés sont plus élevés, il importe essentiellement de régler ces voltages à la valeur rigoureusement indispensable au fonctionnement des organes récepteurs.

LES CONDITIONS DE RÉGLAGE

DU RÉGULATEUR BAUDOT

par M. G. KNOLL,
Commis des Postes et Télégraphes.

Le problème du réglage d'un régulateur est l'un des plus importants et des plus intéressants parmi ceux qui se posent au dirigeur d'une installation Baudot. Sa solution pratique, bien connue, est réglée par des lois très simples et d'application facile qui se déduisent de la discussion de l'équation d'équilibre de la masse mobile.

La question est théoriquement assez complexe. Elle a d'ailleurs été déjà exposée rigoureusement et publiée dans le n° 9 de l'année 1913 du *Journal télégraphique* par M. l'Ingénieur en chef Pomey.

Dans les *Cours de Baudot*, dont le but est de former les dirigeurs d'installations, on a coutume de faire la théorie du régulateur au moyen de la méthode graphique. On évite ainsi de faire appel au calcul afin de rendre l'étude du cours accessible à tout auditeur. Mais la mise à l'écart des formules mathématiques a l'inconvénient d'occasionner parfois un embarras dans l'explication à donner de certains faits et de leurs conséquences. C'est pourquoi il a paru à la fois intéressant et utile de chercher à établir une théorie suffisamment approchée du régulateur Baudot, en soumettant les données au calcul purement élémentaire, ainsi que nous allons l'exposer.

Nous supposons dans ce qui suit que le lecteur est déjà familiarisé avec les détails de construction et le mode de fonctionnement du régulateur.

A. Principe. — Toute masse animée d'un mouvement de rotation uniforme est soumise à l'action d'une force centrifuge, dont l'expression connue :

$$f = m\,\omega^2\,r,$$

nous fait voir que si cette masse m est animée d'une vitesse angulaire constante, elle est sollicitée par une force qui varie proportionnellement au rayon, c'est-à-dire à sa distance à l'axe.

Inversement, si le rayon de giration varie comme la force centrifuge et proportionnellement à celle-ci, le système conservera une vitesse de rotation invariable.

Nous savons que, dans le régulateur Baudot, la force centrifuge qui agit sur la masse mobile amène une flexion de l'axe sous la tension qui lui est transmise par l'intermédiaire des ressorts, auxquels d'une part la masse est liée, et qui d'autre part prennent appui à une potence convenablement placée. L'allongement subi par les ressorts, désigné sous le nom d'*amplitude*, représente la longueur du rayon de giration.

La déformation est très sensiblement proportionnelle à la force qui la produit, tant que l'on ne dépasse pas la limite d'élasticité maximum, c'est-à-dire tant que, généralement, l'allongement obtenu est inférieur à deux fois la longueur du ressort au repos.

Dans ces conditions, lorsque la force centrifuge prendra diverses valeurs d'équilibre f, f', f''... et puisque les ressorts, en s'allongeant, donneront au rayon de giration des valeurs r, r', r''... respectivement proportionnelles à f, f', f''. . on aura toujours :

$$\frac{f}{r} = \frac{f'}{r'} = \frac{f''}{r''} = \ldots = m\,\omega^2 = \text{constante}.$$

Ainsi, le produit $m\,\omega^2$ — que nous désignerons maintenant par ρ — restant constant, quelle que soit la valeur acquise par f, il en sera de même du facteur ω.

Tel est le principe du régulateur imaginé par Baudot.

B. Vitesse de régime. — Or ρ est connu, puisque nous nous donnerons arbitrairement la valeur de ω, qui sera la vitesse per-



manente à laquelle devra tourner l'appareil. Le rapport $\frac{f}{r}$ est donc déterminé.

On connaît aussi la déformation α que subit une spire sous l'action d'une force f donnée (c'est là une constante de construction). Et cette force f, agissant sur n spires, donnera la déformation totale $n\alpha$.

La relation :

$$\frac{f}{r} = m\,\omega^2,$$

peut donc s'écrire :

$$\frac{f}{n\,\alpha} = m\,\omega^2.$$

Et cette dernière forme met ce fait en évidence que *pour obtenir une vitesse de régime déterminée avec un ressort donné, le nombre de spires à mettre en jeu est également bien déterminé* :

Ce sera donc :

$$n = \frac{f}{\alpha\,m\,\omega^2},$$

α étant, comme il vient d'être dit, la déformation subie par une spire quand on soumet celle-ci à l'action d'une force constante f, fixée arbitrairement — pourvu que la limite d'élasticité ne soit pas atteinte.

En second lieu, remarquons que si, dans la relation :

$$f = m\,\omega^2\,r,$$

r tend vers zéro, il en est de même de f.

Et par conséquent, lorsque l'appareil est au repos et que les ressorts n'ont aucune tension, il convient, pour que la loi de proportionnalité entre f et r reste satisfaite, que le point de liaison des ressorts avec la masse se trouve sur l'axe de rotation.

Or, ce point de liaison coïncide très approximativement avec le centre de gravité de la masse. Et dans ces conditions, le démarrage n'aurait pas lieu, le système étant évidemment en équilibre constant.

C'est pourquoi, par un épaulement de l'arbre, on oblige la masse à rester dans une position légèrement excentrique.

Il est clair alors que, même au repos, les ressorts doivent posséder une certaine tension initiale φ telle que le rapport $\frac{\varphi}{\varepsilon}$ de cette tension à l'excentricité ε soit égal à $m\ \omega^2$, c'est-à-dire à ρ.

Cherchons à nous en rendre compte par un calcul simple :

Plaçons-nous dans un cas très voisin de la réalité et supposons que l'on ait :

$$m = 36 \text{ grammes}$$

$$\varepsilon = 0 \text{ cm. } 3,$$

et enfin, tournons à 180 tours par minute

d'où :
$$\omega = \frac{2\ \pi .\ 180}{60}$$

I. *Tension au repos.*

$$\varphi = m\ \omega^2\ \varepsilon = 0{,}3 \times 36 \times 36\ \pi^2 \times 9.81$$
$$= 37195 \text{ dynes,}$$

soit un peu plus de 37 grammes.

II. *Nombre de spires à adopter.*

L'allongement de n spires étant 0 cm. 3, sous la tension de 37 gr. celui d'une spire est :

$$\frac{0{,}3}{n}$$

1 gramme poids agissant sur une seule spire lui imposera un allongement de :

$$\frac{0{,}3}{37\ n} = \alpha$$

α est la constante de construction définie précédemment. Elle sera généralement voisine de 0,00025 quand on emploie des ressorts forts.

Elle peut atteindre 0,0004 avec des ressorts faibles. Si on suppose ici $\alpha = 0{,}00025$, on trouve :

$$n = \frac{0.3}{37 \times 0.00025} = 33 \text{ spires.}$$

C. Mise au point expérimentale. — Il faudra généralement de

32 à 34 spires pour atteindre la vitesse de régime usuelle. On peut pratiquement presque toujours monter un régulateur à régler, avec 33 spires lorsqu'on veut tourner à la vitesse de 180 tours par minute. Mais il reste à déterminer le point aussi précis que possible d'attache des ressorts.

Pratiquement, on a recours à l'expérience. Nous venons de voir que dans le cas peu différent de la réalité où $m = 36$ gr., avec $\varepsilon = 0$ cm. 3, il faut avoir sensiblement initialement :

$$f \text{ init.} = 37 \text{ gr. poids.}$$

D'où, en première approximation, on est conduit à placer la potence à une hauteur de 3 ou 4 millimètres au-dessus des œilletons. En opérant ainsi, la tension des ressorts ensuite accrochés aura une valeur initiale voisine de 37 gr.

Si cette valeur devait convenir, on constaterait la constance de la vitesse sous une amplitude quelconque.

Si au contraire une variation d'amplitude entraînait une modification de la vitesse, c'est que le point de fixation de la potence aurait été mal choisi : mais 4 éventualités peuvent se produire. Leur étude va nous permettre de découvrir une règle pratique importante.

1er Cas. — On fait augmenter l'amplitude : on constate un accroissement de la vitesse.

Pour interpréter ce résultat, exprimons que nous avons eu successivement deux équilibres distincts, respectivement définis par les relations :

$$f = m\,\omega^2 r$$

et : $$f' = m\,\omega'^2 r'$$

ou encore : $$\frac{f}{r} = m\,\omega^2$$

et : $$\frac{f'}{r'} = m\,\omega'^2$$

avec : $$r' > r \text{ et } \omega' > \omega$$

et par conséquent : $$\frac{f}{r} < \frac{f'}{r'}$$

Désignons par λ l'accroissement de force centrifuge
et par μ l'accroissement d'amplitude.

Si la vitesse avait été invariable dans les deux expériences, nous aurions eu :

$$\frac{f}{r} = \frac{f'}{r'} = \frac{f+\lambda}{r+\mu} = \rho$$

c'est-à-dire :

$$\frac{f}{r} = \frac{\lambda}{\mu} = \rho,$$

tandis que l'expérience nous a montré que :

$$\frac{f}{r} < \frac{f+\lambda}{r+\mu}$$

d'où :

$$f\mu < r\lambda$$

c'est-à-dire :

$$\frac{f}{r} < \frac{\lambda}{\mu}$$

Enfin donc :

$$\frac{\text{tension des ressorts}}{\text{allongement}} < \rho.$$

La conclusion est que le rapport entre la tension initiale donnée aux ressorts et l'allongement résultant est trop faible, puisqu'il est inférieur à ρ, c'est-à-dire à $\frac{f}{r}$. Il faut donc le faire augmenter.

Et comme nous ne pouvons pas diminuer r, car la masse colle au repos contre la fourchette, nous ne pouvons que faire augmenter la valeur de tension initiale, en élevant la potence et par conséquent le point d'attache des ressorts.

Il en résultera évidemment une augmentation de la valeur initiale de r, mais comme le numérateur croîtra beaucoup plus vite que le dénominateur, on sera assuré, en opérant avec modération, de se rapprocher peu à peu de la valeur de ρ.

Donc, nous voyons déjà que lorsqu'une augmentation de vitesse résulte d'une amplification de l'amplitude, c'est que la tension des ressorts est insuffisante.

2e Cas. — On fait augmenter l'amplitude : on constate une diminution de la vitesse.

Le raisonnement est analogue au précédent.

En effet, on aura eu successivement :

$$\frac{f}{r} = m\,\omega^2$$

$$\frac{f'}{r'} = m\,\omega'^2$$

avec : $r' > r$ et $\omega' < \omega$

d'où : $\frac{f}{r} > \frac{f'}{r'}$.

Or en augmentant l'amplitude, la force centrifuge a augmenté proportionnellement. Donc :

$$\frac{f'}{r'} = \frac{f + \lambda}{r + \mu}.$$

D'où : $\frac{f}{r} > \frac{f + \lambda}{r + \mu}$

et enfin : $\frac{f}{r} > \frac{\lambda}{\mu}$. Donc : $\frac{f}{r} > \rho$.

Conclusion : la valeur du rapport $\frac{f}{r}$ est trop forte ; nous devons diminuer f, c'est-à-dire détendre les ressorts en abaissant leur point d'attache.

3e Cas. — On diminue l'amplitude : on constate que la vitesse augmente.

Nous avons ici :

$$r' < r \quad \text{et } \omega' > \omega$$

d'où : $\frac{f}{r} < \frac{f'}{r'}$.

Et puisque l'amplitude a diminué, il en a été de même de la force centrifuge, qui a décrû dans la même proportion, c'est-à-dire :

$$\frac{f'}{r'} = \frac{f - \lambda}{r - \mu}$$

d'où : $\frac{f}{r} > \frac{f - \lambda}{r - \mu}$

et : $-f\mu < -r\lambda$ ou : $f\mu > r\lambda$

Donc enfin : $\frac{f}{r} > \frac{\lambda}{\mu}$ ou : $\frac{f}{r} > \rho$.

Ce qui montre que les ressorts sont trop tendus.

4e Cas. — On diminue l'amplitude : on constate une diminution de vitesse.

On a : $r > r'$ et $\omega > \omega'$

D'où : $$\frac{f}{r} > \frac{f'}{r'}.$$

La force centrifuge a diminué en même temps que l'amplitude. Donc :

$$\frac{f'}{r'} = \frac{f - \lambda}{r - \mu}$$

D'où : $$\frac{f}{r} > \frac{f - \lambda}{r - \mu}$$

c'est-à-dire : $$f\,\mu < r\,\lambda$$

ou : $$\frac{f}{r} < \frac{\lambda}{\mu} \quad \text{et enfin} \quad \frac{f}{r} < \rho.$$

Donc il faut ici conclure que les ressorts sont insuffisamment tendus.

Résumé. — Ces résultats peuvent être compris dans l'énoncé suivant :

Il faut tendre les ressorts quand on constate que les variations de la vitesse ont même sens que les variations de l'amplitude.

Il faut les détendre si la variation de la vitesse est de sens contraire à la variation de l'amplitude.

D. Changements de vitesse. — Les moyens dont on dispose — *à priori* — pour faire varier la vitesse de régime d'un régulateur, sont au nombre de trois : la formule $f = m\,\omega^2\,r$ montre en effet que l'on peut agir soit sur la masse, soit sur le nombre des spires, soit enfin sur la tension des ressorts.

Nous allons étudier les effets de ces modifications, car il est important de savoir que ces trois moyens sont loin d'être équivalents, et qu'il ne convient pas de les employer indifféremment l'un pour l'autre.

a. *Influence de la masse.* — Le mobile est, comme on le sait, préparé pour recevoir à volonté quelques masses additionnelles

plates et légères, maintenues par des vis (le rapport d'une masse additionnelle à la masse principale est environ $\frac{1}{100}$).

Or, lorsque — la tension des ressorts étant bien réglée — on mettra le régulateur en marche, il est clair qu'il faudra toujours le même effort à la force centrifuge pour décoller la masse.

Le décollage d'un régulateur réglé s'opère donc pour une certaine valeur fixe de f — et on a *dès ce moment* la vitesse — puisque celle-ci est invariable quelle que soit l'amplitude.

Supposons maintenant que nous ajoutions au mobile m une petite masse K. L'effort f nécessaire au décollage restera le même qu'auparavant, puisque r n'est pas modifié. Mais ce décollage sera obtenu par une vitesse inférieure à la précédente, car on a les égalités :

$$\frac{f}{r} = m\,\omega^2 = (m + \mathrm{K})\,\omega'^2 = \rho.$$

D'où : $$\omega' < \omega.$$

Et comme on a :

$$\frac{\omega'^2}{\omega^2} = \frac{m}{m + \mathrm{K}}$$

on voit que *les vitesses sont inversement proportionnelles aux racines carrées des masses. Inversement, si on allège le mobile on fait augmenter la vitesse, sans dérégler pratiquement le régulateur.*

D'où en conclusion : on réduit la vitesse en chargeant le mobile ; on augmente la vitesse au contraire en l'allégeant.

b. *Influence du nombre de spires.* — Nous avons vu que pour obtenir une vitesse de régime déterminée et stable avec des ressorts donnés, identiques, il y a une longueur de ressort et une seule à prendre, c'est-à-dire *un nombre unique de spires à mettre en jeu.*

D'autre part il est évident qu'un ressort à boudin est d'autant plus énergique qu'il comprend moins de spires. Dans ces conditions, s'il faut par exemple une force f pour faire démarrer le mobile lorsqu'on donne n spires aux ressorts, il faut une force f' supérieure à f pour obtenir le même effet avec un nombre de spires n' inférieur à n.

Et puisque : $f' > f$
il s'en suit : $\omega' > \omega$
car m et r n'ont pas été modifiés.

Conclusion : Lors de la recherche de la vitesse de régime, *on fait augmenter la vitesse en diminuant le nombre de spires que l'on met en jeu. On la fait diminuer en faisant l'inverse.*

On compte de nouveau et on continue ce réglage jusqu'à ce qu'on obtienne très exactement $\frac{n}{t} = 180$.

Dès ce moment, la longueur des ressorts ne devra plus être modifiée. Il ne restera qu'à régler d'une manière précise la tension des ressorts par l'épreuve de la vitesse sous différentes amplitudes.

c. *Influence de la tension.* — Puisque la tension des ressorts fait constamment équilibre à la force centrifuge f et que celle-ci est proportionnelle au carré de la vitesse, il est bien clair que, inversement, la vitesse doit varier proportionnellement à la racine carrée de la tension des ressorts : ce qui montre immédiatement qu'on ne devra modifier la tension des ressorts que lors de la mise au point seulement.

En résumé. — Le réglage pratique d'un régulateur comporte *deux opérations* distinctes successives :

α) la recherche de la vitesse de régime : celle-ci s'obtient par la mise en jeu d'un *nombre de spires bien déterminé* à chaque ressort ;

β) le réglage de la tension des ressorts : celui-ci peut s'opérer par l'observation des sens des variations simultanées de la vitesse et de l'amplitude.

Remarque. — Ce dernier réglage a comme corollaire un réglage relatif à la masse mobile, qu'il conviendra de modifier conjointement avec la tension des ressorts, afin de ne pas troubler la valeur de la vitesse de régime. *D'où l'obligation préalable à tout réglage de charger le mobile de 2 masses additionnelles par 2 vis de fixation.*

AMÉLIORATION ET EXTENSION
DU SERVICE POSTAL DANS LES CAMPAGNES
par l'emploi rationnel de l'automobile,

Par M. MARTY,
Inspecteur Général des Postes et Télégraphes.

A l'heure actuelle, nous comptons en France, Alsace et Lorraine comprises, environ 14.000 bureaux de poste assurant un service de distribution à domicile, soit, en moyenne approximative, un bureau pour 3 communes ou par 44 kilomètres carrés.

C'est manifestement insuffisant. Encore la situation est-elle moins bonne que le laisserait croire cette moyenne générale, attendu que, pour un nombre relativement élevé de bureaux qui ne desservent qu'une ou deux communes, il en est beaucoup d'autres dont la circonscription en embrasse jusqu'à 6, 7, 8, et même davantage.

Le nombre des communes qu'une distance d'au moins 6 kms. sépare du bureau d'attache est considérable; quelques-unes en sont à plus de 10 kms.

Ce sont, naturellement, les régions les plus éloignées de la voie ferrée, bien que la population y soit parfois très dense, qui sont les plus mal partagées, au point de vue du nombre des bureaux de poste. On a cherché à y remédier en multipliant les établissements secondaires bien moins coûteux, mais, pour améliorer sérieusement la situation du service postal dans ces régions déshéritées, ce n'est pas seulement l'ouverture de nouveaux bureaux qu'il faut envisager. Si le nombre de nos établissements postaux est encore si restreint, cela tient à ce que nos populations rurales, qui recherchent au moins autant les facilités de déplacement et d'échanges que les commodités postales, témoignent

peu d'empressement à solliciter ou même à accepter des bureaux de poste dont la création ne doit pas entraîner l'organisation d'un service de courrier en voiture. C'est ainsi que les agences postales, les recettes auxiliaires et distributions auxiliaires rurales, pourtant susceptibles de rendre au public d'incontestables services, n'obtiennent qu'un succès très relatif.

Le problème de l'amélioration de l'organisation postale dans nos campagnes est donc, avant tout, un problème d'extension des moyens publics de transport.

Le nombre des localités jouissant d'un service public de transport (chemin de fer d'intérêt général ou local, tramway, correspondant de chemin de fer, courrier en voiture, etc.) n'est pas sensiblement supérieur à celui de nos bureaux de poste. On peut s'en faire une idée assez exacte d'après le nombre des localités ouvertes au service des colis postaux, qui, sans l'Alsace et la Lorraine, où ce service est très développé, est de 14.600 seulement. Plus de 20.000 communes sont encore dépourvues de moyens réguliers de transport, et le mouvement des voyageurs et des échanges y est soumis à tous les aléas de l'absence d'organisation.

A ce point de vue, notre pays se trouve dans une situation peu en harmonie avec la richesse de son sol et le besoin de mouvement de ses habitants. Doté d'un réseau de routes admiré, il ne semble pas qu'il en ait tiré, jusqu'à présent, tout le parti utile.

Il serait normal que le service postal pût compter, pour s'améliorer et s'étendre dans les campagnes, sur le développement des moyens réguliers de transport, non seulement par chemin de fer, mais encore par voiture publique. Or, les réseaux ferrés d'intérêt général ou d'intérêt local se ramifient avec une extrême lenteur. Quant à l'extension des services par voiture, elle semble subordonnée à l'essor du service postal lui-même. De louables essais d'organisation de lignes d'autobus ont, trop souvent, abouti à des mécomptes. Seuls, ou à peu près, se créent et demeurent les services de voiture à traction mécanique ou animale qu'utilise l'organisation postale. C'est donc l'Administration

des Postes qui se trouve indirectement préposée à l'amélioration des conditions de circulation des voyageurs et des échanges dans les campagnes. Il faut reconnaître, sans lui en faire un grief, qu'elle s'acquitte assez mal de cette mission de surcroît. Le cahier des charges de ses transports en voiture soumet le matériel à employer à certaines conditions de construction indispensables pour assurer la sécurité des envois postaux, mais nulle clause ne vise le trafic des voyageurs et des marchandises. Aux adjudications, la concurrence est généralement très âpre; le Trésor en profite, mais le matériel d'exploitation s'en ressent et le confort en souffre. Pour pouvoir amortir en 6 ans, durée habituelle des marchés, le capital engagé dans leurs entreprises, les concessionnaires du transport des dépêches sont obligés de limiter, le plus possible, les frais de premier établissement. Souvent, ils se trouvent amenés à assurer leur exploitation avec des moyens de fortune.

D'autre part, le réseau de ces courriers manque d'homogénéité : il est fait de morceaux.

La carte des communications postales d'une région revêt l'aspect dont les figures 1 et 2, calquées sur cette carte, en pays de plaine, donnent une idée.

A l'intérieur de zones plus ou moins étendues, que limitent les boucles du réseau ferré, s'espacent les bureaux de poste. Des gares les plus proches partent les courriers qui desservent ces bureaux ; les trajets les plus courts sont assurés à pied ou à bicyclette; les plus longs, par des courriers en voiture. Le parcours des courriers en voiture atteint parfois 30 kilomètres et même davantage ; souvent, plusieurs services en voiture ou à pied se font suite l'un à l'autre (fig. 2). Des services partant de gares opposées convergent parfois vers un même point, sans se rejoindre ; il arrive que deux bureaux a, b (fig. 2), situés sur une même route, sont privés de relations directes et ne communiquent entre eux que par un circuit d'une centaine de kilomètres. Dans ce cas, tout un trafic de voisinage est perdu faute de moyens de communication rapides.

Enfin, comme les créations de nouveaux bureaux intéressent le

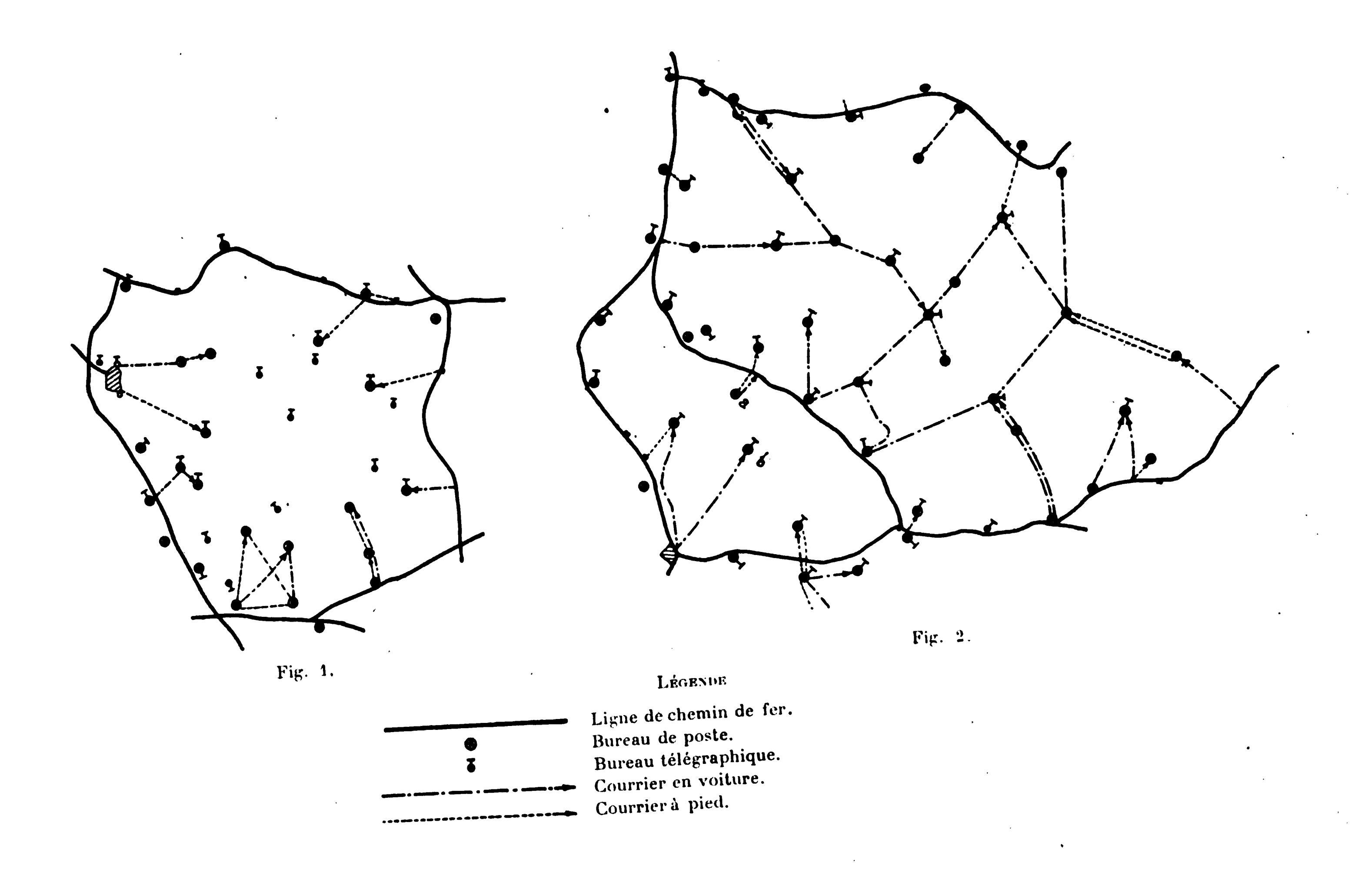

Légende
Ligne de chemin de fer.
Bureau de poste.
Bureau télégraphique.
Courrier en voiture.
Courrier à pied.

Fig. 1.

Fig. 2.

plus souvent des localités situées loin de la voie ferrée, le transport des dépêches pour ces bureaux devient de plus en plus difficile à organiser. On est arrivé à un point de développement du réseau postal où un changement de méthode paraît s'imposer.

Si, après le service de la correspondance, on envisage celui des colis postaux, en constate que, dans les localités non desservies par le chemin de fer, ce dernier service est, pour ainsi dire, inexistant.

Environ 2.000 communes rurales seulement, desservies par un courrier en voiture, y participent. Plus de 20.000 en sont encore totalement privées. Les envois de ou pour les 2.000 communes dotées de ce service sont grevés, pour le transport du bureau de poste qui les dessert à la gare prochaine, d'une surtaxe de 0 fr. 60. Lorsque deux de ces communes sont desservies par un même courrier en voiture, des colis postaux peuvent être échangés entre elles par l'intermédiaire du courrier. Dans ce cas, les colis circulent exclusivement sur route de terre; néanmoins, ils acquittent, pour un parcours très réduit, le même tarif que les envois de gare à gare, à une distance quelconque, dans l'étendue de notre réseau ferré, c'est-à-dire 1 fr. 30 ou 1 fr. 90, 1 fr. 80 ou 2 fr. 40, pour les colis de 3 et 5 kilos, suivant qu'ils ne sont pas ou sont livrables à domicile. Ce tarif est manifestement prohibitif; aussi la faculté concédée aux dites communes d'échanger des colis postaux entre elles (colis ruraux) est-elle restée purement théorique. En même temps que l'octroi de facilités nouvelles, une modification de tarif s'impose.

Nos services de transport sur route, d'ailleurs tout à fait insuffisants, ne répondent donc ni aux besoins d'un service postal bien compris, ni aux nécessités économiques actuelles.

Principes de l'organisation a adopter

De même que l'Administration des Postes et des Télégraphes poursuit l'extension de ses réseaux télégraphiques et téléphoniques départementaux suivant des principes bien définis, afin d'avoir un tout homogène et bien équilibré quand le développement de ces réseaux aura atteint ses limites idéales, de même

il paraît nécessaire qu'elle développe ses services postaux dans les campagnes suivant un plan général qui permette d'aboutir à une organisation rationnelle. A l'heure actuelle, les bureaux de poste sont créés en tenant compte des produits budgétaires des circonscriptions nouvelles à former, et de quelques autres considérations, comme l'existence d'un service télégraphique ou téléphonique dans les communes impétrantes. Parfois, interviennent aussi des raisons purement économiques, comme l'opportunité de créer ou de développer un courant d'affaires dans telle ou telle direction, sur telle ou telle route. C'est, semble-t-il, ce dernier point de vue qui devrait désormais primer dans la majorité des cas. Il conviendrait de s'attacher à organiser, dans les régions non desservies par le chemin de fer, mais traversées par de belles routes, des services postaux à rayon d'action agrandi, qui véhiculeraient de gare à gare, à l'intérieur des boucles du réseau fermé, la correspondance, les voyageurs et la petite messagerie.

Au lieu d'ajouter tronçon à tronçon à nos lignes de courriers, à mesure que se créent de nouveaux bureaux, l'Administration rechercherait, dès à présent, les principales artères postales à constituer dans chaque zone non desservie par le chemin de fer; elle s'attacherait à organiser des services de transport de bout en bout sur ces artères, et doterait d'un bureau de poste (facteur receveur, agence postale ou bureau auxiliaire) toute agglomération d'importance suffisante, située sur le parcours, et qui n'en serait pas encore pourvue. Ces lignes postales principales serviraient d'ossature pour l'extension future de nos services vers les localités desservies par des routes transversales, moins bonnes et moins fréquentées.

Mais pour parcourir ces lignes principales, souvent très longues, les voitures à traction animale ne suffiraient plus. A cause de leur vitesse insuffisante, on ne peut leur demander de franchir de grandes distances ; d'autre part, le transport sur rail (chemin de fer ou tramway) ne convient que là où l'on peut escompter un trafic suffisamment important.

Entre ces deux moyens de transport, il y en a maintenant un troisième, qui peut vivre d'un trafic beaucoup plus réduit que

celui nécessaire, pour subsister, à un chemin de fer ou à un tramway, tout en lui étant comparable pour la vitesse, c'est l'automobile. L'automobile a son emploi marqué dans une organisation postale rationnelle. A elle revient la tâche d'assurer les transports sur les principales routes postales à travers la campagne, le service postal sur les routes secondaires étant réservé, suivant l'importance du trafic et l'étendue des parcours, aux voitures à traction animale, aux tricycles, aux bicyclettes, ou aux piétons.

Ces principes admis, il devient possible de dessiner, sur une carte routière, l'organisation idéale du réseau de nos courriers postaux. C'est vers cette organisation qu'il conviendrait de faire converger désormais tous les efforts, et d'orienter les extensions nouvelles.

Avantages de l'emploi de l'automobile

L'organisation de transports réguliers et rapides sur les principales routes qui sillonnent nos campagnes permettrait d'avancer l'arrivée du courrier dans la plupart des bureaux de poste et de reculer l'expédition du soir. Des bureaux de distribution étant ouverts dans toutes les agglomérations du parcours, le courrier serait, pour ainsi dire, déposé à pied d'œuvre par les automobiles, et ainsi seraient évités les parcours parasites, souvent très longs, auxquels sont actuellement soumis les facteurs pour se rendre de leur bureau d'attache sur les lieux où ils commencent leur distribution. Le temps que l'on gagnerait ainsi dans l'exécution de leur service journalier serait mis à profit pour créer des distributions multiples dans toutes les agglomérations où plusieurs courriers parviendraient chaque jour, et doter ces agglomérations de nouvelles levées de boîtes. Les relations entre les communes situées sur la même route postale seraient accélérées et toujours directes ; le trafic postal de voisinage, encore rudimentaire, grandirait rapidement. Les routes postales qui réuniraient deux lignes ferrées ou deux gares d'une même ligne éloignées l'une de l'autre ouvriraient deux voies différentes au trafic postal d'arrivée et de départ dans la région desservie, et, souvent,

il en résulterait un gain considérable pour les délais d'acheminement du courrier (un exemple est donné plus loin). Le mouvement général de la correspondance et les recettes du Trésor croîtraient en proportion des facilités nouvelles.

D'autre part, le trafic des colis postaux ruraux pourrait prendre une grande extension, si une organisation convenable permettait d'échanger, de commune à commune, avec le bénéfice d'une taxe fixe modique et la garantie d'une responsabilité en cas de perte, les petits envois de denrées, d'épicerie, de mercerie, etc.

Le nombre des localités participant au service général des colis postaux par voie ferrée s'accroîtrait de toutes celles qui profiteraient de l'extension des moyens de transport, et le commerce de nos campagnes verrait s'ouvrir à lui des débouchés aujourd'hui inaccessibles. Ainsi, la production rurale, si restreinte encore dans les communes éloignées du chemin de fer, pour les articles qui, faute de moyen de transport rapides et peu coûteux, ne peuvent franchir un cercle très étroit, pourrait prendre tout le développement dont elle est susceptible, au grand avantage des producteurs et du commerce général de l'alimentation.

Enfin, les nouveaux moyens de transport permettraient aux populations des campagnes de se déplacer plus facilement au gré de leurs besoins, et, par leur vitesse et leur confort, ils favoriseraient le mouvement touristique vers les régions, si nombreuses dans notre pays, qui ont des beautés naturelles ou artistiques à faire admirer. Progrès postaux et progrès économiques considérables, tels sont les avantages à attendre de l'emploi rationnel de l'automobile pour le service postal.

Moyens de réalisation

L'Administration des Postes utilise déjà l'automobile pour ses transports postaux dans les campagnes. Quelques services sont assurés par ce moyen, dans divers départements. Il ne s'agit donc que d'étendre un mode d'exploitation déjà usité, en l'organisant toutefois sur des bases autres que celles le plus souvent admises jusqu'ici, afin de le rendre plus pratique et moins onéreux pour l'État.

Jusqu'à présent, la règle ordinairement appliquée a été de concéder les services par automobiles comme les services en voiture à traction animale, c'est-à-dire par marché de gré à gré ou à l'adjudication, pour un temps déterminé, et aux clauses et conditions d'un cahier des charges stipulant seulement pour le service postal. Or, il est évident qu'un entrepreneur qui, souvent, ne trouve dans l'exécution du service dont il a l'entreprise qu'une utilisation insuffisante de son matériel; qui, si le trafic commercial varie d'une saison à l'autre, sur la route à desservir, ne peut, par défaut de variété dans ce matériel, proportionner à tout moment, les moyens aux besoins, et dont les frais généraux sont d'autant plus lourds que son exploitation est plus restreinte; qui, enfin, doit amortir ses frais de premier établissement dans le délai de son marché, ne peut pas faire à l'adjudication des prix avantageux. Aussi, nos services postaux par automobiles sont-ils beaucoup plus coûteux que l'exploitation par voitures ordinaires, et cette raison empêche l'Administration de donner à l'automobilisme toute l'extension qu'elle serait désireuse de lui voir prendre.

Mais la création de services d'automobiles profitant au moins autant aux voyageurs et au Commerce qu'à la Poste, il ne paraît pas rationnel que l'État en supporte seul les charges. Autour de la Poste devraient se grouper tous les intérêts solidaires. Dans la plupart des départements, il a été plus ou moins question de constituer un réseau de services par automobiles. Il s'agirait de donner corps à ces projets, de les étudier en tenant compte des nécessités d'une bonne organisation postale, et de convier les représentants autorisés de tous les intérêts en jeu à collaborer avec l'Administration en vue de leur réalisation. Il ne semble pas douteux que l'État peut compter sur le concours des départements, des chambres de commerce, des villes, des communes, pour réaliser cette œuvre d'intérêt public qu'est l'organisation des réseaux départementaux d'automobiles.

Il doit pouvoir compter aussi sur la collaboration des compagnies de chemins de fer, tout spécialement intéressées au développement du trafic des voyageurs et de la messagerie. De leur

côté, les syndicats agricoles, les syndicats d'initiative s'emploieraient, certainement, autant qu'il dépendrait d'eux, à assurer le succès des entreprises nouvelles, en favorisant le trafic.

Comment concevoir le réseau départemental d'automobiles ?

L'expression « réseau départemental », ne doit pas être prise dans le sens que le parcours des automobiles ne sortirait pas des limites du département ; on doit entendre par là que le groupement des nouveaux services aurait pour base le département. Une étude d'ensemble devrait être faite dans chaque département pour la détermination des lignes départementales et interdépartementales, en tenant compte, en premier lieu, de l'état des routes ; puis, des besoins d'une bonne organisation postale, et des intérêts du commerce, des voyageurs et du tourisme. Ces lignes d'automobiles pourraient, soit relier deux lignes de chemin de fer, soit mettre en communication à travers la campagne deux gares d'une même ligne, soit se refermer sur elles-mêmes après un long parcours dans les terres, ou enfin affecter telle autre forme de tracé que motiveraient les circonstances locales. Elles se substitueraient aux services de transport de dépêches existants sur les parcours adoptés.

Les automobiles postales assureraient le transport des dépêches, le service des colis postaux ordinaires, le service des colis ruraux à organiser, ainsi que le transport des voyageurs et de leurs bagages.

Chaque réseau départemental devrait être assez étendu pour que les voitures à y affecter, réserve comprise, trouvent une utilisation suffisante. Le matériel de chaque réseau comporterait, au besoin, des voitures de différents types, pouvant être affectées tantôt à une ligne tantôt à une autre, suivant les variations du trafic. Des ateliers de réparation et d'entretien seraient installés en des points centraux du réseau, en aussi petit nombre que possible. Le réseau pourrait comporter des lignes isolées, sans point de soudure avec les autres ; mais toutes les lignes relèveraient d'une entreprise unique, condition indispensable pour réduire le plus possible les frais généraux et adapter le matériel aux exigences variables du trafic.

L'exemple d'application ci-après, qui correspond à une situation vraie, montrera les avantages d'ordres postal et économique qu'est susceptible de procurer l'emploi de l'automobile, dans les conditions indiquées.

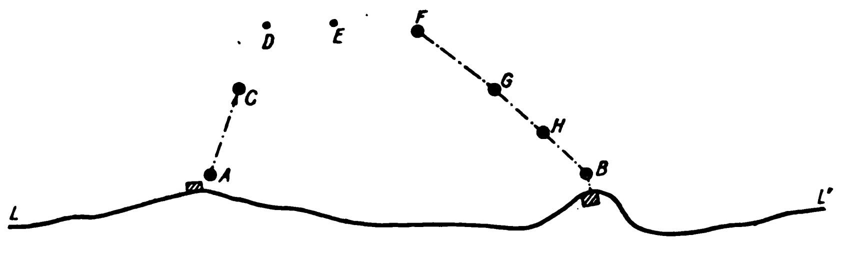


Fig. 3.

L L' est une ligne ferrée desservant A et B, localités sièges d'un bureau de poste. Ces deux localités sont séparées par une distance de 31 kms. par la voie ferrée et de 52 kms. par la route passant par C,D,E,F,G et H. — C,F,G et H sont des chefs-lieux de communes pourvues de bureaux de poste ; D et E, des chefs-lieux de communes assez importantes qui n'ont pu encore obtenir un bureau. Sur les routes A C et B F, fonctionnent des courriers en voiture à deux ordinaires (2 voyages journaliers). La substitution à ces courriers d'un service d'automobiles effectuant tous les jours, de bout en bout et dans les deux sens, le parcours A C D E F G H B et un second parcours journalier aller et retour, de A à C et de B à F, pour maintenir sur ces sections de route le deuxième ordinaire existant, procurerait les avantages suivants, la vitesse en route des automobiles étant supposée de 20 kms., et des délais suffisants étant réservés pour les échanges au point d'arrêt.

I. Avantages postaux

a) Possibilité de doter immédiatement D et E d'un bureau de poste (distribution auxiliaire, à défaut de facteur receveur) ;

b) Première et deuxième distributions à F, G, H avancées d'une heure. F (chef-lieu de canton) recevrait le courrier de Paris par A, au lieu de le recevoir par B, à 10 h. 30 du matin, au lieu de 5 h. 15 du

soir, et pourrait bénéficier d'une distribution supplémentaire pour ce courrier ;

c) Première et deuxième distributions avancées d'une demi-heure à C ;

d) E actuellement desservi une seule fois par jour par un facteur rural vers 11 h. bénéficierait d'une première distribution dans l'agglomération à 8 h. et d'une nouvelle distribution, étendue aux écarts, à 10 h., après réception par A du courrier de Paris, que cette commune n'a actuellement que le lendemain ;

e) D n'aurait comme aujourd'hui qu'une distribution par jour, mais cette distribution aurait lieu à 10 h. du matin au lieu de 3 h. de l'après-midi. De plus, elle comprendrait les correspondances reçues à la fois de la route B D et de la route A D, tandis que celles de la route D B ne peuvent, avec l'organisation actuelle, parvenir à D que le lendemain ;

f) Tournées de distribution moins longues du côté de D et de E, puisque les distributeurs partiraient non pas de C et de F, mais des nouveaux bureaux ;

g) F, G, H disposeraient d'un supplément de délai d'environ 1 heure pour l'expédition du courrier du soir ; C gagnerait une demi-heure. Les facteurs sortis plus tôt, rentreraient le plus souvent à temps pour que les lettres recueillies par eux en cours de tournée partent le jour même ; il pourrait donc être répondu, dans la plupart des cas, courrier par courrier aux correspondances reçues ;

h) Les correspondances de F, G, H pour A (centre important), expédiées par premier courrier du matin, ne parviennent actuellement que le lendemain du jour de leur expédition ; avec la nouvelle organisation (possibilité d'utiliser la nouvelle direction F D C A), elles seraient distribuées le jour même, vers 4 h. du soir. Les relations de F, G et H avec D seraient avancées de plus d'un jour ;

i) Pour écrire de E à D, communes voisines, et recevoir une réponse, il faut aujourd'hui 4 jours (3 en admettant que le facteur attende la réponse) ; avec la nouvelle organisation, la réponse pourrait être reçue le jour même ou, dans les conditions les plus défavorables, le lendemain matin.

II. Avantages économiques

a) La circulation des voyageurs sur toute l'étendue de la route serait grandement facilitée : des voitures rapides et confortables remplaceraient les véhicules indigents qui la desservent aujourd'hui sur une partie seulement du parcours ; le trafic augmenterait rapidement, par-

ticulièrement vers F, susceptible de devenir un centre de tourisme très fréquenté ;

b) D et E qui, n'étant pas desservis actuellement par un courrier en voiture, ne peuvent participer à l'échange des colis postaux, seraient dotés de ce service, pour le plus grand profit du commerce de primeurs qui s'y fait et qui pourrait prendre une plus grande extension ;

c) Enfin, des *colis postaux ruraux*, si cette nouvelle catégorie est créée, pourraient être échangés entre les diverses localités du parcours.

Ces nombreux et importants avantages seraient acquis moyennant la création de 48 kms. de parcours journaliers nouveaux.

Les courriers en voiture existants effectuent ensemble 112 kilomètres par jour; le nouveau parcours journalier serait de 160 kilomètres. Trois hommes et trois voitures assurent actuellement le service ; trois chauffeurs et trois automobiles seraient nécessaires pour le service nouveau, mais leur utilisation, limitée à la seule ligne considérée, serait incomplète, le parcours journalier moyen par voiture et par homme étant de 53 kms. seulement.

L'entrepreneur pourrait les faire participer à d'autres services, ou tout au moins leur faire effectuer accidentellement des voyages supplémentaires sur telle ou telle partie du parcours, en cas d'abondance exceptionnelle de trafic.

Mode d'exploitation des services d'automobiles

Divers régimes peuvent être envisagés pour l'exploitation des réseaux départementaux d'automobiles. On pourrait ne pas s'en tenir à une formule unique, et recourir à tel ou tel régime, suivant les conditions propres à chaque réseau.

Le premier qui vient à l'idée est l'exploitation par les compagnies de chemins de fer, assurées des concours nécessaires. Les services d'automobiles fonctionneraient comme « correspondants » des Compagnies. Les nouveaux services devant nécessairement se souder aux lignes ferrées, les garages seraient autant que possible installés dans les dépendances des compagnies de chemins de fer, ce qui contribuerait à diminuer les charges d'exploitation. Enfin, il serait avantageux tant pour les voyageurs

que pour le trafic commercial d'avoir affaire à une même entreprise, pour le transport sur route de terre et sur voie ferrée.

Un autre mode d'exploitation, susceptible d'être examiné serait la régie départementale.

On peut aussi prévoir la formation de sociétés spéciales pour l'exploitation des réseaux d'automobiles.

Dans ces différents systèmes, l'Administration des postes fournirait son concours sous forme de contribution kilométrique. Cette allocation s'appliquerait à tout le parcours des automobiles, faculté étant réservée à l'Administration de créer des établissements de poste et des dépôts de colis postaux dans toutes les localités du parcours qui n'en seraient pas encore pourvues. Le produit du transport des voyageurs et des colis, postaux et autres, appartiendrait à l'exploitant.

Enfin, on peut encore envisager la concession par adjudication, pour un temps assez long, au compte de l'Administration des Postes, à laquelle seraient fournis les divers concours nécessaires.

Chacun de ces systèmes comporte d'ailleurs diverses modalités d'application.

Il ne faut pas se le dissimuler, les réalisations, dans les conditions économiques actuelles, seront lentes, mais il importe moins d'aller vite que d'avancer sûrement. L'essentiel est de dégager une formule qui permette de progresser avec méthode et laisse entrevoir la possibilité de mettre fin, avec le temps, à l'état d'isolement dans lequel se trouvent la majorité de nos communes.

STAGES PRATIQUES DES ÉLÈVES

DE L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES.

Il est reconnu aujourd'hui que des stages des élèves des écoles techniques à l'usine ou sur le chantier sont le complément nécessaire des cours professés dans ces écoles.

Pour être efficaces, les stages ne doivent pas consister en de simples séjours à l'usine ou sur les chantiers : les stages pratiques doivent se faire le plus possible avec participation des élèves au travail.

D'une façon générale, les écoles techniques n'ont à leur disposition ni chantiers ni usines. Au contraire, l'École supérieure des Postes et Télégraphes est voisine du chantier de construction de lignes, de l'usine qu'est le bureau télégraphique ou téléphonique. Aussi a-t-elle été conduite à organiser, depuis 1911, dans les services mêmes, des stages rationnels où les élèves travaillent par eux-mêmes, et où l'instructeur est en même temps un des contremaîtres de l'usine ou du chantier.

Ces stages pratiques ont donné de bons résultats ; les principaux d'entre eux sont : le service-école de construction de lignes, le service-école téléphonique, l'apprentissage manuel. Ils relèvent de la direction de l'École supérieure.

I

Service-École de construction de lignes.

Le Service-École de construction de lignes est placé sous l'autorité de l'ingénieur en chef du Service des lignes aériennes de la région de Paris.

Les élèves, ingénieurs et rédacteurs, prennent effectivement part aux travaux de construction de lignes entrepris dans un des

secteurs de ce service, et sont dirigés par des instructeurs qui sont des agents appartenant à ce service. Il y a, au maximum, six élèves par instructeur.

Depuis 1912, ce service reçoit aussi comme stagiaires les futurs inspecteurs du service technique.

Immédiatement après, il fut ouvert aussi aux ouvriers, futurs chefs d'ateliers et chefs d'équipe des services des lignes aériennes et des lignes souterraines. On conçoit l'importance de ce stage : pour les futurs chefs d'ateliers, appelés à régler tous les détails de la construction des lignes, à préparer les projets et à participer étroitement à la surveillance des travaux ; et pour les futurs chefs d'équipe, qui doivent avoir une connaissance approfondie des diverses méthodes de construction.

Les exercices d'application sont effectués, suivant leur nature, soit à la salle d'études, soit sur le terrain. L'enseignement est insi réellement individuel.

La nature des exercices et leur succession varient suivant la catégorie des élèves.

Pour les *futurs inspecteurs*, le stage est de deux mois. La succession des exercices est la suivante : étude du matériel de lignes, études des lignes urbaines, des lignes sur route, des lignes sur voie ferrée, étude des points singuliers des lignes.

L'étude du matériel de ligne est faite dans une installation spéciale où les divers types d'appuis sont construits à hauteur d'homme ; les élèves peuvent ainsi les examiner, les démonter et les remonter.

Ils étudient ensuite la construction des lignes, en commençant par les plus simples. Chaque fois qu'ils visitent une ligne, les élèves font le relevé du matériel nécessaire à la construction et notent les particularités du travail.

Les élèves établissent aussi des projets de lignes nouvelles. Voici la succession des projets faits par une série d'élèves :

1° Établissement d'une ligne d'abonné, à poser sur des appuis préexistants ;

2° Établissement d'une ligne d'abonné, à poser en partie sur des appuis préexistants, en partie sur des appuis nouveaux en façade et en toiture ;

3° Transfert d'un bureau téléphonique ;

4° Création d'un bureau urbain ;

5° Transformation d'un réseau aérien en réseau aéro-souterrain ;

6° Établissement sur route de deux lignes téléphoniques interurbaines, à poser sur des appuis préexistants (traverses de $1^{m},05$ et de $1^{m},15$) ;

7° Établissement sur route de deux lignes téléphoniques interurbaines, à poser sur des appuis à construire (armement en consoles) ;

8° Transformation d'une ligne en consoles en ligne en traverses (pose de deux lignes téléphoniques nouvelles) ;

9° Établissement sur voie ferrée d'une ligne télégraphique à poser sur des appuis préexistants (ligne en consoles) ;

10° Établissement sur voie ferrée de deux lignes téléphoniques, à poser sur des appuis préexistants ;

11° Transformation d'une ligne double en console en ligne en traverses de $3^{m},15$, et pose de deux lignes téléphoniques nouvelles et d'une ligne télégraphique.

Les élèves assistent aux travaux effectués par les équipes. En même temps qu'ils préparent les devis, ils étudient les opérations administratives nécessaires à l'exécution des travaux.

Pour les *élèves de l'École supérieure*, la succession des exercices est la même que celle qui vient d'être indiquée. Mais la durée du stage est réduite à six semaines, ces élèves ayant déjà suivi un cours théorique très complet de construction des lignes. Les élèves-ingénieurs participent en outre à des exercices d'ordre mécanique sur des lignes aériennes existantes.

Pour les *ouvriers, futurs chefs d'ateliers*, le stage, d'une durée de deux mois, ressemble, dans ses grandes lignes, à celui des candidats inspecteurs. Les différences sont motivées par le fait que ces élèves possèdent déjà des connaissances pratiques très étendues sur la construction des lignes.

Enfin, pour les *ouvriers, futurs chefs d'équipe*, le stage, d'une durée de deux mois, comporte des exercices particuliers : les élèves sont répartis en groupes, qui effectuent des travaux de

construction ; chaque groupe est dirigé par l'un des élèves et est surveillé par un chef d'équipe moniteur. Les instructeurs insistent spécialement sur les cas difficiles et sur ceux qui se rencontrent rarement dans le service courant.

En outre, les élèves chefs d'équipe reçoivent, dans une salle de cours, toutes les explications nécessaires sur la construction et sur les opérations administratives qui intéressent les chefs d'équipe (accidents du travail, etc...).

A quelque catégorie qu'ils appartiennent, les élèves subissent un examen à la fin de leur stage.

Des élèves qui ont obtenu des notes insuffisantes ont été éliminés.

II

Service-École téléphonique.

Le Service-École téléphonique est placé sous l'autorité de l'ingénieur en chef des Services Téléphoniques de Paris.

Il est rattaché au bureau central téléphonique de « Passy ».

Il répond à un double but :

1° Compléter l'instruction théorique des élèves de l'École Supérieure par un stage pratique qui les mette au contact des réalités de l'exploitation ;

2° Donner aux agents de tous les grades, nommés au Service téléphonique de Paris, l'instruction théorique et pratique nécessaire pour leur permettre d'être rapidement à même de prendre part utilement aux diverses branches du service courant.

Le stage des élèves de l'École supérieure a une durée maximum de six semaines, pendant lesquelles les élèves participent effectivement au travail.

Ce stage comprend : un mois au central téléphonique de Paris et quinze jours au bureau interurbain.

Pendant le séjour au central de Passy, la succession des études et des exercices est la suivante :

Exercice d'exploitation. Étude des règlements et manœuvres. Participation effective au travail des opératrices sur groupes de

départ, d'arrivée et intermédiaires. Répartition des opératrices. Table de surveillance. Table de contrôle. Table de renseignements. Réclamations et enquêtes.

Relations avec le public. Emploi des commis. Contrôleurs. Étude du service de nuit.

Multiple : le meuble, les organes, leur réglage, leur entretien. Les répartiteurs intermédiaires. Les dérangements, le système des signalisations au service des rapports. Liaison de ce service avec les ouvriers monteurs.

Les appareils d'essais, la table d'observation. Mesure d'ordre concernant les abonnés en dérangement.

Lignes souterraines. Répartiteur général. Permutations, registre de câbles, visite d'une chambre de concentration.

Étude d'un transfert. Tenue des principaux documents intéressant la mise en service et la suspension des lignes d'abonnés.

Montage des postes. Organisations des équipes de monteurs. Étude des principaux types d'installation.

Installations d'énergie au bureau central. Service des piles.

Pendant le séjour au bureau interurbain, une surveillante fait aux élèves un cours théorique d'une semaine sur les règlements de l'exploitation interurbaine.

De plus, le chef du bureau, en deux ou trois conférences, expose et commente l'esprit des règlements.

Au cours de cette période, les élèves, sous la direction de la surveillante, sont fréquemment répartis dans les diverses parties du service, en vue de leur permettre de se mettre au courant des manœuvres pratiques à effectuer pour l'établissement et la préparation des communications. Il est surtout insisté sur les incidents et les difficultés d'exploitation qui peuvent se présenter. Le stage se termine au laboratoire d'essais, ainsi qu'au service des mesures par une participation effective à la localisation des dérangements. En outre, un agent du service technique fournit aux élèves des explications détaillées sur l'emploi des amplificateurs montés sur cordons. Des interrogations, sanctionnées par des notes, sont subies par les élèves stagiaires et permettent d'apprécier les résultats obtenus.

III

Apprentissage manuel.

L'apprentissage manuel aux ateliers de l'Administation est placé sous l'autorité de l'ingénieur en chef, directeur des Ateliers.

Il existe depuis fort longtemps aux ateliers, depuis leur création en 1858, des cours tout spécialement orientés vers la pratique des montages et des réglages d'appareils. Ces cours assurent la formation des agents mécaniciens, qui étaient primitivement recrutés uniquement parmi le personnel des ouvriers mécaniciens des ateliers, et qui le sont encore partiellement.

L'existence de ces cours pratiques et l'expérience acquise dans cet enseignement très largement manuel devait amener l'Administration à en étendre le bénéfice à d'autres catégories de personnel. C'est ainsi que furent créés aux ateliers les cours de monteurs et les cours d'apprentis mécaniciens. C'est ainsi également que depuis 1911 sont institués, sous la direction des instructeurs de ce cours, des stages d'apprentissage manuel pour les élèves de l'École supérieure.

Le stage d'apprentissage manuel comprend l'étude de l'outillage général, de l'appareillage électrique industriel, des appareils télégraphiques, des postes et petits tableaux téléphoniques, et des multiples téléphoniques. Ils ne doivent cependant pas faire double emploi avec les stages des élèves dans les autres services-écoles. D'autre part le temps toujours réduit dont on dispose oblige à limiter les travaux, tout en permettant aux élèves de se rendre compte des principales difficultés qu'on rencontre dans la pratique. L'apprentissage exclusivement manuel consiste en l'utilisation de l'outillage et de l'appareillage et en la réalisation de montages et de réglages convenablement choisis.

Outillage général. — Les élèves commencent par des exercices de lime et de tour. Ils sont initiés au mode d'emploi des diverses catégories de petit outillage utilisées par les mécaniciens de précision pour la construction, la réparation ou l'entretien des

appareils télégraphiques et téléphoniques, outils d'établi, outils de traçage, pièces et accessoires de tours, tours à bobiner.

On passe ensuite aux machines-outils les plus intéressantes des ateliers. Enfin la visite d'une usine de constructeur d'appareils téléphoniques permet aux élèves de se rendre compte du fonctionnement des machines-outils à grand rendement pour la fabrication des pièces en séries.

Le stage comporte également des exercices de forge, de trempe, de brassage, de cémentation, etc...

Appareillage électrique et industriel. — Après avoir été initiés au fonctionnement des principaux organes d'une chaufferie et d'une station de force motrice à vapeur, les élèves sont exercés à la mise en marche, à l'arrêt et au couplage des groupes électrogènes à vapeur, ainsi qu'à la mise en route et à l'arrêt d'un groupe convertisseur moteur asynchrone dynamo. Des exercices du même genre ont lieu à l'atelier de la galvanoplastie sur des groupes générateurs à faible voltage ; à l'atelier des timbres-poste, sur la commande électrique des rotatives. Les élèves visitent en détail l'installation électrique d'un monte-charges à commande par boutons. A leur passage à l'atelier d'héliogravure, ils examinent un groupe convertisseur à vapeur de mercure. Enfin ils ont à effectuer des essais de réception de petits moteurs de remontoirs de hughes, alimentés en courant continu ou en courant alternatif monophasé, diphasé ou triphasé. Le courant est fourni par un petit groupe électrogène triple, constitué par un moteur à courant continu entraînant une dynamo à courant continu et un alternateur. Ce groupe permet d'obtenir des voltages et des fréquences réglables à volonté.

Appareils télégraphiques. — Les exercices comportent le montage méthodique d'un récepteur Morse et d'un appareil Hughes, avec examen des divers organes au point de vue de leur fabrication et de leur réparation.

Au cours de ces travaux, les élèves ont à effectuer différents réglages, à fabriquer et à ajuster diverses pièces détachées entrant dans la constitution des appareils étudiés.

Postes téléphoniques et petits tableaux. — Cette période de

stage aux ateliers correspond, dans une certaine mesure, aux travaux pratiques des cours de monteurs. Elle comporte des montages et essais de tableaux en batterie locale et en batterie centrale, la construction de lignes en fil d'appartement, l'installation de postes d'abonné en batterie locale ou centrale, des exercices de tamponnage, la recherche de dérangements dans les postes et dans les tableaux, etc...

Multiples téléphoniques. — Les élèves ayant déjà fait des stages dans les bureaux centraux téléphoniques de Paris, le nombre des séances concernant les multiples est très réduit.

Elles sont uniquement consacrées à la confection de peignes de câbles à 21 tierces sur gabarit ; les peignes sont soudés sur réglettes.

A la fin du stage, les élèves sont notés d'après la perfection des pièces qu'ils ont fabriquées ou des montages qu'ils ont réalisés.

DOCUMENTS RELATIFS
AU CALCUL DES BUREAUX CENTRAUX TÉLÉPHONIQUES

Solution de quelques problèmes de la théorie des probabilités présentant de l'importance pour les bureaux téléphoniques automatiques (1).

Par M. A. K. ERLANG,

Assistant scientifique de la Cie des Téléphones de Copenhague.

Nous établirons tout d'abord à l'aide de la méthode mathématique des équilibres statistiques une formule donnant la probabilité de trouver toutes les lignes occupées, formule indiquée par Engset dans E. T. Z. *de 1918, p. 304. — Quelques tableaux contiennent des résultats de calcul obtenus avec cette formule. — Suivent, sans démonstration, des formules et des tableaux concernant les délais d'attente et l'influence des sectionnements.*

SOMMAIRE. — Paragraphes de 1 à 7 : Premier problème général : systèmes sans délai d'attente (2 hypothèses différentes), avec des tables 1, 2, 3. — Paragraphes 8 et 9 : Deuxième problème général : systèmes avec délais d'attente (2 hypothèses différentes), avec des tables 4, 5, 6 et 7. — Paragraphes de 10 à 12 : Méthodes approchées, références, conclusions ; avec la table 8.

Premier problème général

§ 1. — Nous supposerons un système automatique disposé de telle sorte qu'il y ait x lignes prévues pour assurer un certain trafic, c'est-à-dire l'écoulement des conversations d'un certain nombre d'abonnés ou la liaison entre deux centraux.

Ces lignes sont dites coopérantes ou constituant un groupe (une équipe).

---

(1) Extrait de *E. T. Z.*, décembre 1918. Traduction de M. Cornet, Ingénieur des Postes et Télégraphes.

On suppose qu'à tout instant l'accès des lignes qui ne sont pas occupées est libre.

Pour le moment, nous ne parlerons que des systèmes sans dispositif de délai d'attente, c'est-à-dire des systèmes dans lesquels l'abonné, s'il trouve les x lignes occupées, raccroche son appareil et ne cherche pas aussitôt à redemander la communication. La probabilité des appels trouvant ainsi les x lignes occupées est appelée la perte, ou le degré d'encombrement, et est représentée ici par B.

En ce qui concerne la longueur des conversations (appelée aussi la durée d'occupation), nous supposerons pour le moment qu'elle est constante, et nous conviendrons de la considérer comme égale à 1, unité de temps naturelle.

Pour les appels d'abonnés, l'on suppose qu'ils sont distribués à peu près au hasard durant la période considérée (par exemple la période de la journée où il y a le plus de travail).

Ces hypothèses ne veulent pas dire seulement qu'il n'y a pas dans la période de temps envisagée des époques où l'on puisse s'attendre d'avance à ce qu'il se présente exceptionnellement beaucoup ou peu d'appels, mais elles signifient encore que les appels doivent être indépendants les uns des autres.

Dans la pratique, ces hypothèses sont vérifiées avec une grande approximation.

Le nombre moyen des appels dans le groupe par unité de temps (l'intensité du trafic) est appelé y. Le rapport de y à x, c'est-à-dire l'intensité moyenne du trafic par ligne, désigné par α, s'appelle souvent l'efficacité, ou rendement du groupe. Nous devons déterminer B en fonction de y et de x. Son expression exacte est la suivante :

$$B = \frac{\frac{y^x}{x!}}{1 + \frac{y}{1} + \frac{y^2}{2!} + \ldots\ldots\ldots + \frac{y^x}{x!}} \qquad (1)$$

comme nous le montrerons dans les paragraphes de 2 à 5.

§ 2. — La démonstration suivante peut être caractérisée comme appartenant à la statistique mathématique et est basée sur la notion d'équilibre statistique, conception qui s'est montrée si féconde pour la solution d'une certaine classe de problèmes dans la théorie des probabilités.

Considérons un très grand nombre de groupes de lignes opérant simultanément de la manière susdite (nombre de lignes $= x$; intensité de trafic $= y$). Si nous examinons à part l'un de ces groupes à un

moment déterminé, nous pouvons définir ses conditions momentanées en disant tout d'abord combien parmi ces x lignes sont occupées, et en second lieu combien de temps doit encore durer chacune des conversations en question.

Si nous examinons le même groupe un court instant dt plus tard, nous trouverons que certains changements se sont produits à ces deux points de vue. *D'une part*, les conversations qui étaient sur le point d'être terminées seront maintenant complètement achevées et les autres seront devenues un peu plus âgées. *D'autre part*, de nouveaux appels peuvent s'être produits, qui cependant n'entrent en ligne de compte que si les lignes ne sont pas toutes occupées. (La probabilité d'un nouvel appel durant le court instant dt est $y.dt$.) Supposons que nous envisagions non seulement un groupe, mais un très grand nombre de groupes, au double point de vue de leurs conditions momentanées et de la manière dont elles varient. L'état dont nous pouvons avoir ainsi une définition exacte possède, si nous employons un matériel suffisamment considérable, cette propriété caractéristique qu'il se maintient de lui-même, malgré les changements individuels indiqués ci-dessus, et que, une fois commencé, il reste inaltéré, puisque les modifications des différentes espèces se compensent mutuellement. Cette propriété a reçu le nom d' « équilibre statistique ».

§ 3. — Maintenant nous exposerons provisoirement comme postulat la description suivante de l'état d'équilibre statistique :

Les probabilités que 0, 1, 2,..... x lignes sont occupées sont respectivement S_0, S_1, S_2,...... S_x, dont la somme est 1, comme cela doit être, ces probabilités ayant les expressions ci-dessous :

$$S_0 = \frac{1}{1 + \frac{y}{1} + \frac{y^2}{2!} + \dots\dots + \frac{y^x}{x!}}\,.$$

$$S_1 = \frac{\frac{y}{1}}{1 + \frac{y}{1} + \frac{y^2}{2!} + \dots\dots + \frac{y^x}{x!}} \qquad (2)$$

$$S_2 = \frac{\frac{y^2}{2!}}{1 + \frac{y}{1} + \frac{y^2}{2!} + \dots\dots + \frac{y^x}{x!}}$$

$$\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots$$

$$S_x = \frac{\frac{y^x}{x!}}{1 + \frac{y}{1} + \frac{y^2}{2!} + \dots\dots + \frac{y^x}{x!}}$$

Nous supposerons de plus pour chacun de ces $(x+1)$ états que les durées restantes des conversations en cours (ou plus brièvement les « restes ») varient tout à fait au hasard entre les limites zéro et un, de manière qu'il n'y ait pas de valeurs particulières ou d'ensembles de valeurs qui soient plus probables que les autres.

§ 4. — Nous devons prouver que l'état de choses ainsi défini est un équilibre statistique. Dans ce but nous devons faire le compte des fluctuations (accroissements ou déperditions) durant le temps dt, pour les $(x+1)$ états, en commençant par les deux premiers :

La déperdition du 1er état S_0 au profit du 2e S_1 est : $S_0 . y . dt$
tandis que celle du 2e au profit du 1er est : $S_1 . dt$
D'après (2), ces quantités sont égales et s'équilibrent.

D'autre part, la déperdition de S_1 au profit de S_2 est : $S_1 . y . dt$
et, inversement, la déperdition de S_2 au profit de S_1 est : $S_2 . 2 . dt$
expressions qui, d'après (2), se compensent.

Finalement nous avons les quantités $S_{x-1} . y . dt$ et $S_x . x . dt$ qui s'équilibrent aussi.

Le résultat est que les échanges réciproques effectués durant le temps dt entre les $(x+1)$ différents états, se compensent deux à deux et que la distribution reste sans changement.

Il nous reste maintenant à démontrer qu'il n'y aura non plus aucune altération dans la distribution des grandeurs des « restes », c'est-à-dire que les augmentations et diminutions, à ce point de vue également, se compensent.

§ 5. — Considérons les cas où le nombre des conversations en cours est n, et parmi ces cas plus spécialement ceux pour lesquels les grandeurs des n « restes », pris dans un ordre quelconque, sont compris respectivement entre les limites suivantes :

$$t_1 \text{ et } t_1 + \Delta_1$$
$$t_2 \text{ et } t_2 + \Delta_2$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$t_n \text{ et } t_n + \Delta_n$$

La probabilité, pour qu'il en soit ainsi, est, d'après ce qui a été dit, à la fin du § 3 :

$$\Delta_1 . \Delta_2 . \Delta_3 \ldots\ldots \Delta_n . S_n$$

Nous allons évaluer la probabilité pour qu'il y ait déperdition ou accroissement dans le temps dt. Il y a quatre possibilités d'accroissement ou déperdition :

Primo. — Perte de S_n au profit de S_{n+1}, dans le cas où il se produit un nouvel appel. La probabilité de cet événement est :

$$\Delta_1 . \Delta_2 \ldots\ldots \Delta_n . S_n . y . dt$$

Secundo. — Accroissement de S_n provenant de l'état S_{n+1} dans le cas où l'une des $n+1$ conversations en cours se termine pendant l'intervalle dt, et où les restes des n autres conversations se trouvent compris entre les limites prescrites. La probabilité correspondante

$$\Delta_1 . \Delta_2 \ldots\ldots \Delta_n . (n+1) . S_{n+1} . dt$$

est égale à la précédente.

Tertio. — Accroissement de S_n provenant de S_n lui-même, dans le cas où parmi les n « restes » $n-1$ se trouvent compris dans les limites prescrites, et un se trouve juste au-dessous de la plus basse limite en question, avec un écart inférieur à dt. La probabilité de cet événement est :

$$\Delta_1 . \Delta_2 \ldots\ldots \Delta_n . \left(\frac{1}{\Delta_1} + \frac{1}{\Delta_2} + \ldots\ldots + \frac{1}{\Delta_n}\right) . S_n . dt$$

Quarto. — Déperdition de S_n au profit de S_n lui-même, dans le cas où parmi les n « restes » $n-1$ sont dans les limites fixées et un juste au-dessous de la limite supérieure, avec un écart inférieur à dt. La probabilité de cet événement est évidemment égale à la précédente.

Il y a donc toujours compensation.

De cette manière se trouve prouvé qu'il y aura équilibre statistique. D'autre part, on verra immédiatement que toute autre hypothèse que celle exposée au § 3 est incompatible avec l'équilibre statistique.

Les formules du § 3 sont ainsi démontrées, et par suite la proposition du § 1 l'est aussi.

§ 6. — L'hypothèse ci-dessus que toutes les conversations ont même durée s'applique avec une grande approximation aux conversations sur lignes interurbaines, mais ne convient pas naturellement aux conversations locales habituelles.

Or une recherche statistique que j'ai entreprise à Copenhague m'a montré que la durée de ces conversations obéit à très peu près à la loi simple de distribution qui peut être énoncée comme suit :

La probabilité que la durée dépasse n est égale à e^{-n}, quand la durée moyenne est prise pour unité. En d'autres termes, la probabilité qu'une conversation qui a duré quelque temps va être terminée est à peu près indépendante du temps qui s'est déjà écoulé. Le nombre moyen de conversations qui s'achèvent pendant l'intervalle dt est toujours égal à dt pour les conversations ordinaires.

Dès lors il est facile de voir que nous pouvons arriver à la même expression (1) de B qu'avec la première hypothèse ; seulement la démonstration se présente un peu plus simplement car il n'y a besoin de tenir compte que du nombre de conversations en cours sans se préoccuper de leur âge. (Les deux hypothèses précitées ne conduisent

TABLE 1

Valeurs de la « perte » ou « coefficient d'encombrement » B, formule 1 du § 1.

x	α	y	B
1	0.1	0.1	0.091
1	0.2	0.2	0.167
2	0.1	0.2	0.016
2	0.2	0.4	0.054
2	0.3	0.6	0.102
3	0.1	0.3	0.003
3	0.2	0.6	0.020
3	0.3	0.9	0.050
3	0.4	1.2	0.090
4	0.1	0.4	0.001
4	0.2	0.8	0.008
4	0.3	1.2	0.026
4	0.4	1.6	0.056
5	0.2	1.0	0.003
5	0.3	1.5	0.014
5	0.4	2.0	0.037
5	0.5	2.5	0.070
6	0.2	1.2	0.001
6	0.3	1.8	0.008
6	0.4	2.4	0.024
6	0.5	3.0	0.052
8	0.3	2.4	0.002
8	0.4	3.2	0.011
8	0.5	4.0	0.030
10	0.3	3	0.001
10	0.4	4	0.005
10	0.5	5	0.018
10	0.6	6	0.043
10	0.7	7	0.079
20	0.4	8	0.000
20	0.5	10	0.002
20	0.6	12	0.010
20	0.7	14	0.030
30	0.5	15	0.000
30	0.6	18	0.003
30	0.7	21	0.014
40	0.5	20	0.000
40	0.6	24	0.001
40	0.7	28	0.007

TABLE 2

Valeurs des intensités de trafic y en fonction du nombre x des jonctions et des pertes 1 °/oo, 2 °/oo, 3 °/oo, 4 °/oo.

x	1 °/oo	2 °/oo	3 °/oo	4 °/oo
1	0.001	0.002	0.003	0.004
2	0.046	0.065	0.081	0.094
3	0.19	0.25	0.29	0.32
4	0.44	0.53	0.60	0.65
5	0.76	0.90	0.99	1.07
6	1.14	1.32	1.44	1.54
7	1.58	1.80	1.94	2.06
8	2.05	2.31	2.48	2.62
9	2.56	2.85	3.05	3.21
10	3.09	3.42	3.65	3.82
11	3.65	4.02	4.26	4.45
12	4.23	4.64	4.90	5.11
13	4.83	5.27	5.56	5.78
14	5.44	5.92	6.23	6.47
15	6.08	6.58	6.91	7.17
16	6.72	7.26	7.61	7.88
17	7.38	7.94	8.32	8.60
18	8.04	8.64	9.03	9.33
19	8.72	9.35	9.76	10.07
20	9.41	10.07	10.50	10.82
25	12.97	13.76	14.28	14.67
30	16.68	17.61	18.20	18.66
35	20.52	21.56	22.23	22.75
40	24.44	25.6	26.3	26.9
45	28.45	29.7	30.5	31.1
50	32.5	33.9	34.7	35.4
55	36.6	38.1	39.0	39.7
60	40.8	42.3	43.3	44.1
65	45.0	46.6	47.7	48.5
70	49.2	51.0	52.0	53.0
75	53.5	55.3	56.5	57.4
80	57.8	59.7	60.9	61.9
85	62.1	64.1	65.4	66.4
90	66.5	68.5	69.9	70.9
95	70.8	73.0	74.4	75.4
100	75.2	77.4	78.9	80.0
105	79.6	82.0	83.4	84.6
110	84.0	86.4	88.0	89.2
115	88.5	91.0	92.5	93.7
120	93.0	95.4	97.1	98.3

pas au même résultat dans *tous* les problèmes, comme nous le verrons.)

§ 7. — Nous donnons dans la table 1 les valeurs numériques de la perte B en fonction de x et de y (ou α) d'après la précédente théorie.

Dans la table 2, les résultats de la formule 1 sont présentés sous une autre forme, qui est la plus commode en pratique. x et B sont ici les nombres de base et la table donne y en fonction de x et de B.

Dans la table 3 A, la première et la deuxième ligne seulement concernent les systèmes à groupes simples (auxquels s'applique la formule du § 1). Les valeurs données à la troisième ligne correspondent à un système différent dans lequel est utilisée une disposition spéciale dite « à sectionnement gradué du multiplage ». On peut décrire cette disposition de la manière suivante :

Le nombre des contacts des sélecteurs (ici 10) est inférieur au nombre des lignes (ici 18) du groupe. Ainsi chaque appel ne cherche que sur dix lignes et non sur la totalité des dix-huit lignes. On admet dans un but de simplification que les dix lignes sont choisies chaque fois au hasard, et qu'elles sont essayées successivement dans un ordre absolument arbitraire. La méthode de calcul à employer ici peut être considérée comme une extension naturelle de la méthode qui a conduit à la formule (1), mais elle est naturellement un peu plus compliquée.

Quelques résultats de ce genre de calcul sont reproduits dans les deux tables 3 A et 3 B. Finalement on peut remarquer que les systèmes « à sectionnement gradué » actuellement très employés (notamment le système Siemens et Halske), mais dont je ne connais cependant pas les détails, diffèrent un peu de la description donnée ci-dessus, et qu'il faut par suite s'attendre à ce qu'ils donnent des résultats un peu moins favorables.

TABLE 3 A

Perte (en °/₀₀) pour trois modes de groupement (le dernier du type « à sectionnement gradué »).

y	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1) $x = 10$, avec 10 contacts	0.8	5.3	18.4	43	—	—	—	—	—	—
2) $x = 18$, avec 18 contacts	—	—	—	—	0.2	0.9	2.9	7.1	15	27
3) $x = 18$, avec 10 contacts	—	—	—	—	1.1	3.1	7.4	15.1	26.8	42.8

TABLE 3 B

Valeurs de α et de y pour trois modes de groupements et une perte de 1 ‰

	α	y
$x = 10$; 10 contacts	0.31	3.1
$x = 18$; 10 contacts	0.38	6.9
$x = \infty$; 10 contacts	0.50	—

SECOND PROBLÈME GÉNÉRAL

§ 8. — Le problème que nous avons à traiter maintenant concerne les systèmes à délais d'attente. Ici le problème à résoudre est de déterminer la probabilité $S_{>n}$ d'un délai d'attente supérieur à un nombre arbitraire fixé $n \geqslant 0$. Le cas $S_{>0}$ est celui qui est le plus souvent posé. Nous définissons d'une façon analogue $S_{<n}$, et alors :

$$S_{<n} + S_{>n} = 1$$

Tout d'abord nous laisserons de côté le délai moyen d'attente M. Nous y reviendrons dans la suite. Ici encore nous pouvons commencer par supposer que la durée des conversations est constante et égale à 1. La discussion exacte de ce cas donne lieu à des calculs assez difficiles, mais inévitables. Entre autres choses, nous trouvons que nous ne pouvons pas employer la même formule pour $S_{>n}$ avec n'importe quelle valeur de n, mais qu'il faut distinguer entre les différentes périodes de temps unité successives.

Dans la pratique cependant la première période sera très généralement la plus importante. Je me contenterai de donner sans démonstration les formules nécessaires dans les cas de : $x = 1$, $x = 2$, $x = 3$; puis les résultats numériques correspondants (surtout pour montrer la possibilité de développer le calcul pratique).

Les résultats et les formules pour $x = 1$ ont déjà paru dans mon article de *Nyt Tidsskrift for Matematik*, B. 20, 1909.

Les formules pour de plus grandes valeurs de x (par ex. $x = 10$ $x = 20$) sont tout à fait analogues à celles données ici. Les tables numériques correspondantes sont en cours d'établissement.

FORMULES CONCERNANT LES DÉLAIS D'ATTENTE

Hypothèse : Durée de conversation constante, égale à 1.

Notations : x = Nombre de circuits de l'équipe.

y = Intensité de trafic = Nombre moyen d'appels par unité de temps.

$S_{>n}$ = Probabilité d'un délai d'attente supérieur à n.
$S_{<n}$ = ... au plus égal à n.
$n.y = z$.
$z\text{-}y = u$.
$z\text{-}2y = v$ et ainsi de suite.
M = Délai moyen d'attente.

Formules pour le cas de $x = 1$.

TABLE 4 ($x = 1$).

Valeurs de $S < n$

n/α	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,00	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,05	0,950	0,955	0,960	0,964	0,969	0,974	0,979	0,984	0,989	0,994	0,999
0,10	0,900	0,909	0,918	0,927	0,937	0,946	0,956	0,965	0,975	0,985	0,995
0,15	0,850	0,863	0,876	0,889	0,903	0,916	0,930	0,944	0,958	0,973	0,988
0,20	0,800	0,816	0,833	0,849	0,867	0,884	0,902	0,920	0,939	0,958	0,977
0,25	0,750	0,769	0,788	0,808	0,829	0,850	0,871	0,893	0,916	0,939	0,963
0,30	0,700	0,721	0,743	0,766	0,789	0,813	0,838	0,864	0,890	0,917	0,945
0,35	0,650	0,673	0,697	0,722	0,748	0,774	0,802	0,830	0,860	0,891	0,922
0,40	0,600	0,624	0,650	0,677	0,704	0,733	0,763	0,794	0,826	0,860	0,895
0,45	0,550	0,575	0,602	0,630	0,658	0,689	0,720	0,754	0,788	0,825	0,863
0,50	0,500	0,526	0,553	0,581	0,611	0,642	0,675	0,710	0,746	0,784	0,824
0,55	0,450	0,475	0,502	0,531	0,561	0,592	0,626	0,661	0,699	0,738	0,780
0,60	0,400	0,425	0,451	0,479	0,508	0,540	0,573	0,609	0,646	0,686	0,729
0,65	0,350	0,374	0,399	0,425	0,454	0,484	0,517	0,552	0,589	0,628	0,670
0,70	0,300	0,322	0,345	0,370	0,397	0,426	0,457	0,490	0,525	0,563	0,604
0,75	0,250	0,269	0,290	0,313	0,337	0,364	0,392	0,423	0,456	0,491	0,529
0,80	0,200	0,217	0,235	0,254	0,275	0,298	0,323	0,350	0,379	0,411	0,445
0,85	0,150	0,163	0,178	0,194	0,211	0,229	0,250	0,272	0,296	0,322	0,351
0,90	0,100	0,109	0,120	0,131	0,143	0,157	0,172	0,188	0,205	0,225	0,246
0,95	0,050	0,055	0,060	0,066	0,073	0,080	0,088	0,097	0,107	0,118	0,126
1,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

a) Première période, $0 < n < 1$

$$S_{<n} = a_0 . e^z \qquad \text{avec :} \quad a_0 = 1 - \alpha$$

b) Deuxième période, $1 < n < 2$

$$S_{<n} = (b_1 - b_0 . u) . e^u \qquad \text{avec :} \quad \begin{cases} b_1 = a_0 . e^y \\ b_0 = a_0 \end{cases}$$

c) Troisième période, $2 < n < 3$

$$S_{<n} = \left(c_2 - c_1 . v + \frac{1}{2} . c_0 . v^2\right) . e^v \qquad \text{avec :} \quad \begin{cases} c_2 = (b_1 - b_0 . y) . e^y \\ c_1 = b_1 \\ c_0 = b_0 \end{cases}$$

et ainsi de suite

$$M = \frac{1}{y} \cdot \left[(1 - b_1) + (1 - c_2) + (1 - d_3) + \ldots\ldots \right] = \frac{1}{2} \cdot \frac{\alpha}{1 - \alpha}.$$

Formules pour le cas de x = 2.

TABLE 5 ($x = 2$).

Valeurs de S < n

n/α	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,00	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,05	0,995	0,996	0,997	0,998	0,998	0,999	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000
0,10	0,982	0,985	0,988	0,991	0,993	0,995	0,997	0,998	0,999	1,000	1,000
0,15	0,962	0,968	0,974	0,980	0,985	0,989	0,993	0,996	0,998	0,999	1,000
0,20	0,936	0,946	0,956	0,965	0,973	0,980	0,987	0,992	0,995	0,998	0,999
0,25	0,903	0,918	0,933	0,946	0,958	0,969	0,978	0,986	0,992	0,996	0,998
0,30	0,866	0,886	0,905	0,922	0,939	0,953	0,967	0,978	0,986	0,992	0,995
0,35	0,825	0,849	0,872	0,895	0,915	0,935	0,952	0,966	0,978	0,987	0,991
0,40	0,779	0,808	0,835	0,862	0,888	0,911	0,933	0,952	0,967	0,978	0,985
0,45	0,730	0,762	0,794	0,825	0,855	0,883	0,909	0,932	0,951	0,966	0,975
0,50	0,677	0,712	0,748	0,783	0,817	0,849	0,880	0,907	0,931	0,949	0,961
0,55	0,621	0,658	0,697	0,735	0,773	0,809	0,844	0,875	0,903	0,925	0,941
0,60	0,561	0,601	0,641	0,681	0,722	0,762	0,800	0,836	0,868	0,894	0,913
0,65	0,499	0,539	0,580	0,622	0,664	0,706	0,748	0,787	0,822	0,852	0,875
0,70	0,435	0,473	0,514	0,556	0,599	0,642	0,685	0,726	0,764	0,798	0,824
0,75	0,368	0,404	0,442	0,483	0,525	0,568	0,611	0,653	0,692	0,728	0,757
0,80	0,298	0,331	0,366	0,403	0,442	0,482	0,523	0,564	0,603	0,639	0,669
0,85	0,227	0,254	0,283	0,315	0,348	0,384	0,420	0,457	0,493	0,527	0,556
0,90	0,153	0,173	0,195	0,219	0,244	0,272	0,300	0,330	0,359	0,387	0,412
0,95	0,077	0,088	0,101	0,114	0,129	0,144	0,161	0,179	0,196	0,214	0,230
1,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

a) Première période, $0 < n < 1$

$$S_{<n} = (a_1 - a_0 . z) . e^z \quad \text{avec :} \quad \begin{cases} a_1 = 2.(1 - \alpha) . \dfrac{\alpha}{\alpha - \beta} \\ a_0 = -2.(1 - \alpha) . \dfrac{\beta}{\alpha - \beta} \end{cases}$$

β étant la racine négative de l'équation : $\beta . e^{-\beta} = - \alpha . e^{-\alpha}$.

b) Deuxième période, $1 < n < 2$

$$S_{<n} = \left(b_3 - b_2 . u + \frac{1}{2} . b_1 . u^2 - \frac{1}{6} . b_0 . u^3 \right) . e^u$$

$$\text{avec :} \quad \begin{cases} b_3 = (a_1 - a_0 . y) . e^y \\ b_2 = a_0 . e^y \\ b_1 = a_1 \\ b_0 = a_0 \end{cases}$$

c) Troisième période, $2 < n < 3$

$$S_{<n} = \left(c_5 - c_4 . v + \frac{1}{2} . c_3 . v^2 - \frac{1}{6} . c_2 . v^3 + \frac{1}{24} . c_1 . v^4 - \frac{1}{120} c_0 . v^5\right) . e^v$$

avec :

$$\begin{cases} c_5 = \left(b_3 - b_2 . y + \frac{1}{2} . b_1 y^2 - \frac{1}{6} b_0 . y^3\right) . e^y \\ c_4 = \left(b_2 - b_1 . y + \frac{1}{2} . b_0 y^2\right) . e^y . \\ c_3 = b_3 \\ c_2 = b_2 \\ c_1 = b_1 \\ c_0 = b_0 \end{cases}$$

etc., etc...

$$M = \frac{1}{y} . \Big[(1 - b_2) + (1 - b_3) + (1 - c_4) + (1 - c_5) + (1 - d_6) + (1 - d_7) + \ldots\ldots\Big]$$

Formules pour le cas de **x** $= 3$.

TABLE 6 ($x = 3$)

Valeurs de $S < n$

n / α	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,00	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,05	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,10	0,996	0,997	0,998	0,999	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,15	0,989	0,992	0,994	0,996	0,997	0,998	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000
0,20	0,976	0,982	0,987	0,991	0,994	0,996	0,998	0,999	1,000	1,000	1,000
0,25	0,958	0,967	0,975	0,983	0,988	0,993	0,996	0,998	0,999	1,000	1,000
0,30	0,933	0,948	0,960	0,971	0,980	0,987	0,992	0,996	0,998	0,999	0,999
0,35	0,903	0,923	0,940	0,956	0,969	0,979	0,987	0,993	0,996	0,998	0,999
0,40	0,866	0,892	0,915	0,936	0,953	0,968	0,980	0,988	0,993	0,996	0,998
0,45	0,823	0,855	0,884	0,910	0,934	0,953	0,969	0,980	0,988	0,993	0,99[illegible]
0,50	0,775	0,812	0,847	0,879	0,908	0,933	0,953	0,969	0,980	0,987	0,991
0,55	0,720	0,762	0,803	0,841	0,876	0,906	0,932	0,952	0,967	0,977	0,983
0,60	0,660	0,706	0,752	0,795	0,835	0,872	0,903	0,929	0,948	0,962	0,971
0,65	0,595	0,644	0,693	0,740	0,786	0,827	0,864	0,895	0,920	0,938	0,951
0,70	0,524	0,574	0,625	0,676	0,725	0,771	0,813	0,849	0,879	0,902	0,919
0,75	0,448	0,497	0,548	0,600	0,651	0,700	0,746	0,787	0,821	0,849	0,871
0,80	0,367	0,413	0,461	0,511	0,562	0,611	0,659	0,702	0,740	0,773	0,79[illegible]
0,85	0,282	0,322	0,364	0,409	0,455	0,501	0,547	0,590	0,629	0,663	0,693
0,90	0,192	0,222	0,255	0,291	0,328	0,366	0,405	0,442	0,477	0,509	0,538
0,95	0,098	0,115	0,134	0,155	0,177	0,201	0,225	0,249	0,273	0,295	0,31[illegible]
1,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

a) Première période, $0 < n < 1$

$$S_{<n} = \left(a_2 - a_1 . z + \frac{1}{2} . a_0 . z^2\right) . e^z$$

avec :
$$\begin{cases} a_2 = 3 . (1 - \alpha) . \dfrac{\alpha^2}{(\alpha - \beta)(\alpha - \gamma)} \\ a_1 = - 3 . (1 - \alpha) . \dfrac{\alpha . (\beta + \gamma)}{(\alpha - \beta)(\alpha - \gamma)} \\ a_0 = 3 . (1 - \alpha) . \dfrac{\beta . \gamma}{(\alpha - \beta)(\alpha - \gamma)} \end{cases}$$

et : $\beta . e^{-\beta} = \alpha . e^{-\alpha} . k \qquad \gamma . e^{-\gamma} = \alpha . e^{-\alpha} . k^2$

k représentant l'une des racines cubiques imaginaires de l'unité.

b) Deuxième période, $1 < n < 2$

$$S_{<n} = \left(b_5 - b_4 . u + \frac{1}{2} b_3 . u^2 - \frac{1}{6} b_2 . u^3 + \frac{1}{24} . b_1 . u^4 - \frac{1}{120} . b_0 . u^5\right) . e^u$$

avec :
$$\begin{cases} b_5 = \left(a_2 - a_1 . y + \dfrac{1}{2} . a_0 . y^2\right) . e^y \\ b_4 = (a_1 - a_0 . y) . e^y \\ b_3 = a_0 . e^y \\ b_2 = a_2 \\ b_1 = a_1 \\ b_0 = a_0 \end{cases}$$

c) Troisième période, $2 < n < 3$

$$S_{<n} = \left(c_8 - c_7 . v + \frac{1}{2} . c_6 . v^2 - \frac{1}{6} . c_5 . v^3 + \frac{1}{24} . c_4 . v^4 - \frac{1}{120} . c_3 . v^5 + \frac{1}{720} . c_2 . v^6 - \frac{1}{5.040} . c_1 . v^7 + \frac{1}{40.320} . c_0 . v^8\right) . e^v$$

avec :

$$\begin{cases} c_8 = \left(b_5 - b_4 . y + \dfrac{1}{2} . b_3 . y^2 - \dfrac{1}{6} . b_2 . y^3 + \dfrac{1}{24} . b_1 . y^4 - \dfrac{1}{120} . b_0 . y^5\right) . e^y \\ c_7 = \left(b_4 - b_3 . y + \dfrac{1}{2} . b_2 . y^2 - \dfrac{1}{6} b_1 . y^3 + \dfrac{1}{24} . b_0 . y^4\right) . e^y \\ c_6 = \left(b_3 - b_2 y + \dfrac{1}{2} . b_1 . y^2 - \dfrac{1}{6} b_0 . y^3\right) . e^y \\ c_5 = b_5 \qquad c_2 = b_2 \\ c_4 = b_4 \qquad c_1 = b_1 \\ c_3 = b_3 \qquad c_0 = b_0 \end{cases}$$

etc., etc...

$$M = \frac{1}{y} . \Big[(1 - b_3) + (1 - b_4) + (1 - b_5) + (1 - c_6) + (1 - c_7) + (1 - c_8) + \ldots\ldots\Big]$$

TABLE 7

Systèmes avec délais d'attente (seconde hypothèse)

Valeurs de $S_{>n}$ et de M

x	α	y	S (> 0)	S (> 0,1)	S (> 0,2)	M
1	0,1	0,1	1,100	0,091	0,084	0,111
1	0,2	0,2	0,200	0,185	0,170	0,250
2	0,1	0,2	0,018	0,015	0,014	0,010
2	0,2	0,4	0,067	0,057	0,049	0,042
2	0,3	0,6	0,138	0,120	0,104	0,099
3	0,1	0,3	0,004	0,003	0,002	0,001
3	0,2	0,6	0,024	0,019	0,015	0,010
3	0,3	0,9	0,070	0,057	0,046	0,033
3	0,4	1,2	0,141	0,118	0,099	0,078
4	0,1	0,4	0,001	0,001	0,000	0,000
4	0,2	0,8	0,010	0,008	0,005	0,003
4	0,3	1,2	0,037	0,028	0,022	0,013
4	0,4	1,6	0,091	0,072	0,056	0,038
5	0,2	1,0	0,004	0,003	0,002	0,001
5	0,3	1,5	0,020	0,014	0,010	0,006
5	0,4	2,0	0,060	0,044	0,033	0,020
5	0,5	2,5	0,130	0,102	0,079	0,052
6	0,2	1,2	0,002	0,001	0,001	0,000
6	0,3	1,8	0,011	0,007	0,005	0,003
6	0,4	2,4	0,040	0,026	0,018	0,011
6	0,5	3,0	0,099	0,073	0,054	0,033
8	0,3	2,4	0,004	0,002	0,001	0,001
8	0,4	3,2	0,018	0,011	0,007	0,004
8	0,5	4,0	0,059	0,040	0,026	0,015
10	0,3	3	0,001	0,001	0,000	0,000
10	0,4	4	0,009	0,005	0,003	0,001
10	0,5	5	0,036	0,022	0,013	0,007
10	0,6	6	0,102	0,068	0,046	0,026
10	0,7	7	0,222	0,165	0,122	0,074
20	0,4	8	0,000	0,000	0,000	0,000
20	0,5	10	0,004	0,001	0,001	0,000
20	0,6	12	0,024	0,011	0,005	0,003
20	0,7	14	0,094	0,052	0,028	0,016
22	0,5	11,0	0,002	0,001	0,000	0,000
22	0,6	13,2	0,018	0,007	0,003	0,002
22	0,7	15,4	0,081	0,043	0,022	0,012
30	0,7	15	0,000	0,000	0,000	0,000
30	0,6	18	0,007	0,002	0,001	0,001
30	0,5	21	0,044	0,018	0,007	0,005
40	0,5	20	0,000	0,000	0,000	0,000
40	0,6	24	0,002	0,000	0,000	0,000
40	0,7	28	0,022	0,007	0,002	0,002

§ 9. — Reste toutefois à étudier le problème de la recherche de la grandeur de la durée d'attente dans la seconde hypothèse, quand la durée des appels varie de la manière indiquée au § 6.

On trouve ici sans difficulté les deux formules suivantes :

$$S_{>o} = C \qquad (3)$$

$$S_{>n} = C \,.\, e^{-(\mathrm{xu}\cdot(\text{ʎ}-} \qquad (4)$$

où l'on a :

$$C = \frac{\frac{y^x}{x!} \cdot \frac{x}{x-y}}{1 + \frac{y}{1} + \frac{y^2}{2!} + \ldots\ldots + \frac{y^{x-1}}{(x-1)!} + \frac{y^x}{x!} \cdot \frac{x}{x-y}} \qquad (5)$$

x et y ayant les mêmes significations que précédemment, et la durée moyenne de conversation étant égale à 1.

La formule s'applique pour toutes les valeurs positives de n et elle est rigoureuse.

Pour la durée d'attente moyenne, nous obtenons la formule :

$$M = \frac{C}{x-y} \qquad (6)$$

La table 7 donne quelques résultats numériques.

Le calcul numérique ne présente pas de difficultés spéciales. On devra remarquer peut-être que, aussi bien ici qu'au § 8, on suppose que les appels différés sont écoulés dans l'ordre où ils ont été reçus. Si cela ne doit pas se produire dans la réalité, il en résultera naturellement en général une légère répercussion sur la valeur de $S_{>n}$, mais absolument aucune influence sur la valeur de M ni sur celle de S_0 .

§ 10. — *Formules approchées.* — Les formules *exactes* données ci-dessus s'appliquent si commodément partout, qu'il est à peine besoin de formules approchées. Ceci ne s'applique pas toutefois aux formules qui concernent le second problème général, première hypothèse. Il peut donc valoir la peine de mentionner deux méthodes approchées qui conduisent rapidement à un résultat utile au moins dans ceux des cas qui ont la plus grande importance pratique.

Une de ces méthodes a déjà été utilisée par moi, sur la demande de M. P. V. Christensen, ingénieur en chef de la C[ie] des Téléphones de Copenhague, pour calculer les tables données dans les premières pages de son important mémoire, *Le nombre des sélecteurs dans les systèmes téléphoniques automatiques.* La seconde des tables données par M. Christensen est reproduite ici à la table 8 avec une disposition un peu différente. Comme la méthode employée a été longuement expliquée, j'en dirai ici quelques mots seulement :

La probabilité qu'il y ait juste x appels dans une période de temps

TABLE 8

Valeurs de y en fonction de x pour P = 0,001 ; 0,002 ; 0,003 ; 0,004

x	1 °/oo	2 °/oo	3 °/oo	4 °/oo
1	0,001	0,002	0,003	0,004
2	0,045	0,065	0,08	0,09
3	0,19	0,24	0,28	0,31
4	0,42	0,52	0,58	0,63
5	0,73	0,86	0,95	1,02
6	1,11	1,27	1,38	1,46
7	1,52	1,72	1,85	1,95
8	1,97	2,20	2,35	2,47
9	2,45	2,72	2,89	3,02
10	2,96	3,25	3,45	3,60
11	3,49	3,82	4,03	4,19
12	4,04	4,41	4,62	4,84
13	4,61	5,00	5,24	5,43
14	5,19	5,61	5,87	6,07
15	5,79	6,23	6,51	6,72
16	6,40	6,86	7,16	7,38
17	7,03	7,51	7,82	8,06
18	7,66	8,17	8,49	8,74
19	8,31	8,84	9,18	9,44
20	8,96	9,51	9,87	10,14
21	9,61	10,20	10,57	10,84
22	10,28	10,89	11,27	11,56
23	10,96	11,59	11,98	12,28
24	11,65	12,29	12,70	13,01
25	12,34	13,00	13,42	13,74
30	15,87	16,6	17,1	17,4
35	19,5	20,4	20,9	21,3
40	23,5	24,2	24,8	25,2
45	27,1	28,1	28,7	29,2
50	30,9	32,0	32,7	33,2
55	34,9	36,0	36,8	37,3
60	38,9	40,1	40,9	41,4
65	43,0	44,2	45,0	45,6
70	47,0	48,3	49,2	49,8
75	51,0	52,4	53,3	54,0
80	55,1	56,6	57,6	58,3
85	59,3	60,9	61,8	62,5
90	63,5	65,1	66,1	66,9
95	67,7	69,3	70,4	71,1
100	71,9	73,6	74,7	75,5
105	76,2	77,9	79,0	79,8
110	80,4	82,2	83,3	84,2
115	84,7	80,6	87,7	88,5
120	89,0	90,9	92,1	93,0

où leur nombre moyen est y, est avec les hypothèses habituelles (du § 1) :

$$e^{-y} \cdot \frac{y^x}{x!}$$

La proposition mathématique utilisée est due à Poisson (1837) et a été étudiée depuis par L. v. Bortkewitsch (*Das Gesetz der kleinen Zahlen*, 1898). La fonction a été traduite sous forme de tableau par ce dernier (*loc. cit.*) et aussi par H. E. Soper (*Biometrika*, vol. X, 1914) ainsi que par K. Pearson (*Tables for Statisticians...*, 1914).

Ainsi la probabilité de x appels ou davantage durant la période en question est :

$$P = e^{-y} \cdot \left[\frac{y^x}{x!} + \frac{y^{x+1}}{(x+1)!} + \ldots\ldots \right] \qquad (7)$$

Pour l'objet que nous nous proposons actuellement, nous devons considérer une telle période précédant immédiatement l'appel particulier qui nous intéresse.

On voit alors que P, dans beaucoup de cas, lorsque y n'est pas très grand, sera une bonne valeur approchée pour la fraction des appels qui trouvent toutes les lignes occupées (ou la probabilité de ne pas aboutir). Ainsi P, dans le cas des bureaux sans dispositif de délai d'attente, exprime à peu près la « perte », mais donne évidemment une valeur un peu trop forte.

Dans les bureaux avec délais d'attente, P donne une valeur approchée de la quantité $S_{>0}$, probabilité qu'il y ait un délai, et en donne alors une valeur un peu trop faible.

Si c'est cette probabilité qui est imposée d'avance, comme c'est le cas en pratique généralement (on se propose souvent d'avoir la valeur 0,001), la formule montrera quelle relation il devra y avoir entre y et x. Les valeurs de y trouvées de cette manière (voir table 8) ne différeront jamais de 5 °/₀ des valeurs exactes dans les systèmes sans délai d'attente, jamais de 1 °/₀ dans les systèmes avec délais d'attente (dans les deux hypothèses), si nous prenons pour la probabilité la valeur fréquemment employée P = 0,001. Les systèmes intermédiaires entre ces deux classes générales de centraux peuvent se traiter naturellement avec la même méthode qui donnera de bons résultats.

Si dans les systèmes à appels différés, nous négligeons les délais d'attente qui dépassent une certaine limite n, et que nous ne cherchions donc plus $S_{<\infty}$, mais $S_{>n}$, nous pourrons utiliser une extension de la même formule, en y remplaçant y par $y.(1 - n)$. C'est pour les faibles valeurs de n que ce procédé s'applique le mieux, et l'erreur commise a le même sens que celle précédemment indiquée.

Comme autre approximation très voisine de la réalité, on peut citer celle qui consiste à faire l'hypothèse n° 2, même dans les cas où c'est l'hypothèse n° 1 qui convient en réalité. D'une façon générale, les erreurs ainsi introduites seront faibles. Elles sont cette fois d'un sens tel que nous aurons de trop fortes valeurs pour $S_{>0}$ et $S_{>n}$; ou, si c'est y que l'on cherche, on obtiendra pour y des valeurs trop faibles.

§ 11. — Il serait trop long de décrire ou de mentionner dans ce mémoire toutes les expériences ou mesures pratiques systématiques, non toutes publiées d'ailleurs, qui ont été faites ces dernières années par les uns ou les autres et par les firmes connues (notamment Siemens et Halske et W. E. C°), ainsi que les formules purement empiriques qui ont aussi été proposées.

Mais il ne serait pas bien d'omettre une ou deux études théoriques intéressantes de ces dernières années et concernant directement l'un des problèmes traités ci-dessus.

Dans sa thèse de doctorat, *La relation entre les appels téléphoniques qui aboutissent et le nombre des organes de liaison*, 1913, M. F. Spiecker a donné une méthode pour déterminer la « perte » dans les systèmes sans délai d'attente, méthode qui, de son propre aveu, n'est pas absolument à l'abri de toute critique, et qui, de plus, est si compliquée qu'on ne peut guère en envisager l'application dans un travail pratique. Il faut noter pourtant que dans les cas où l'auteur a développé ses calculs, les résultats sont très voisins de ceux de la formule (1) que nous avons donnée. Dans le même ouvrage se trouve également une formule approchée qui peut être comparée à la formule donnant P (§ 10 ci-dessus). La différence provient seulement de la manière un peu autre et probablement moins pratique de poser le problème.

M. W. H. Grinsted, dans son *Étude des problèmes de trafic téléphonique*, présente une solution du même problème. Comme cette solution, si je ne me trompe, a été considérée comme mathématiquement correcte par de nombreux lecteurs aussi bien que par son auteur, il me sera permis de faire remarquer que dans la démonstration de la formule en question il s'est glissé une erreur, et que pour cette raison elle conduit à des résultats assez inexacts. On doit ajouter que cette étude est la reproduction d'un ancien travail de 1907. Malgré ce résultat erroné, le travail de Grinsted n'est cependant pas d'un faible mérite si l'on a égard à l'ancienneté de sa publication (1).

---

(1) *Note du traducteur.* — Dans un article postérieur, paru dans le n° d'oct. 1918 du *P. O. E. E. J.*, M. Grinsted reconnaît l'inexactitude de la formule :

$$\pi = P_{j-1} - \frac{j}{a} \cdot P_j \; .$$

§ 12. — En terminant cet article, je tiens à adresser mes meilleurs remerciements à M. F. Johannsen, Directeur de la C[ie] des Téléphones de Copenhague, non seulement pour l'intérêt qu'il a porté aux recherches ci-dessus exposées, mais aussi pour l'impulsion énergique qu'il a donnée à l'étude rationnelle et scientifique d'un grand nombre de problèmes variés concernant le trafic téléphonique. Je dois aussi bien de la gratitude à M. J. L. W. V. Jensen, Ingénieur en chef à la même Compagnie, pour l'aide précieuse qu'il m'a apportée, particulièrement dans la résolution d'un certain nombre de difficultés mathématiques.

BIBLIOGRAPHIE

1. W. Lee Campbell. A Study of Multi-Office Automatic Switchboard Telephone Systems. *P. A. I. E. E.*, 1908.
2. Johannsen. Telephone Management in large Cities. *P. O. E. E. J.*, oct 1910, t. III, part 3 et janvier 1911, t. III, part 3.
3. Molina (E. C.). Computation Formula for the Probability of an Event happening at least c times in n Trials. *American mathematical Monthly*, juin 1913, t. XX, n° 6.
4. Spiecker (F.). Die Abhängigkeit des erfolgreichen Fernsprechanrufes von der Anzahl der Verbindungsorgane. Berlin, 1913, chez Julius Springer.
5. W. Lee Campbell. Traffic Studies in automatic Switchboard Telephone Systems. *P. A. I. E. E.*, mars 1914.
6. Soper (H. E.). Tables of Poisson's exponential binominal Limit. Biometrika, avril 1914, t. X, part 1.
7. Lubberger (F.). Die Anpassung der Fernsprechanlagen an die Verkehrs-Schwankungen. Berlin, 1914, chez Julius Springer.
8. Milon. Note sur le calcul du nombre d'organes commutateurs néces-

---

Il propose en même temps pour les formules (2) d'Erlang un nouvel essai de démonstration basée sur un raisonnement également utilisé par Engset dans un article de *E. T. Z.* qui a été traduit par M. J.-B. Pomey dans la *R. G. E.* de 1921 (pages 138 et suivantes).

Enfin Grinsted montre sur les quelques cas particuliers ci-dessous les différences considérables auxquelles conduisent la formule (1) d'Erlang ou son approximation et la formule (7) :

	$y = 5$				$y = 40$			
$x =$	10	11	12	13	50	53	56	59
$B = \frac{y^x/x!}{1 + y/1! + y^2/2! + \ldots + y^x/x!}$	0.01838	0.00829	0.00344	0.00132	0.01869	0.00823	0.00312	0.001026
$P_1 = e^{-y} \cdot y^x/x!$	0.01813	0.00824	0.00343	0.00132	0.01771	0.00806	0.00310	0.001018
$P = e^{-y}\left[\frac{y^x}{x!} + \frac{y^{x+1}}{(x+1)!} + \ldots\right]$	0.03183	0.01370	0.00545	0.00202	0.07034	0.02806	0.00968	0.00296

saires dans un système de téléphonie automatique. *Annales des Postes, Télégraphes, Téléphones*, décembre 1916.

9. Mac Berty (F. R.). Machine Switching Telephone Gear. *Telephone Engineer*, mai 1917.

10. Buxton (H. A.). Estimating Trunking Requirements. *Telephony*, 13 juillet 1918.

11. Engset (T.). Wahrscheinlichkeitsrechnung zur Bestimmung der Wähler-Zahl in automatischen Fernsprechämtern. *E. T. Z.*, 1er août 1918. — Traduction par M. J.-B. Pomey dans la *R. G. E.* du 29 janvier 1921, t. IX, n° 5.

12. Grinsted (W. H.). The Theory of Probability in Telephone Traffic Problems. *P. O. E. E. J.*, oct. 1918, t. XI, part 3.

13. Lely (U. P.). Waarschynlykheidsrekening by automatiske Telefonie. La Haye, 1918.

14. Erlang (A. K.). Telefon-Ventetider. *Mathematisk Tidsskrift*, 1920, n° 2, p. 25 et suiv.

15. O' Dell (G. F.). Principes théoriques du calcul des capacités de trafic des sélecteurs en téléphonie automatique. *P. O. E. E. J.*, oct. 1920, t. XIII, part 3. — Traduction par M. Cornet C. dans la *R. G. E.* du 19 mars 1921, t. IX, n° 12.

16. Holm Ragnar. Ueber die Benutzung der Wahrscheinlichkeitstheorie für Telefonverkehrsprobleme. *Archiv für Elektrotechnik*, 18 mars 1920, t. VIII, n° 12.

17. Pomey (J.-B.). Téléphone et statistique. *R. G. E.*, 29 janvier 1921, t. IX, n° 5 et *Annales des P. T. T.*, décembre 1921.

18. Karl Pearson. Tables for Statisticians and Biometricians.

19. The use of the theory of probabilities in telephone traffic problems. *The Technical Review*. Londres, vol. 8, nos 5 à 8.

20. Milon. Calcul du nombre de sélecteurs ou de lignes auxiliaires, *Annales des P. T. T.*, septembre 1921.

Service d'Études et de Recherches Techniques
DE L'ADMINISTRATION DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES.

Une nouvelle méthode d'exploitation doublant le rendement des grands postes de T.S.F. (1).

I. *Le problème du rendement des grands postes.* — L'avenir de la radiotélégraphie à longue portée dépend essentiellement des procédés que l'on pourra découvrir pour augmenter le rendement des grands postes de T.S.F. L'exploitation de ces grands postes restera en effet déficitaire tant que l'on n'aura pas trouvé le moyen de leur faire débiter un trafic considérable, dont les recettes puissent dépasser les frais énormes de puissance, de personnel et d'amortissement qu'exige le fonctionnement d'une station extra-puissante.

Nous nous proposons d'exposer brièvement ici le principe d'une nouvelle méthode d'exploitation dont l'effet doit être de doubler et au besoin de tripler le rendement des émissions en envoyant en même temps deux ou trois télégrammes par la même antenne, sans que la transmission multiple puisse troubler aucune des transmissions partielles, sans que la puissance de chaque émission partielle soit diminuée, et sans que la portée du poste soit réduite.

La mise au point de ces procédés a été faite avec le concours du Service d'Études et de Recherches Techniques de l'Administration des P.T.T., ainsi que des Services de la Radiographie Militaire. Une expérience industrielle a, enfin, eu lieu avec la collaboration du département de la Marine.

---

(1) Note remise par M. H. Abraham, professeur à la Sorbonne, membre du Comité technique des Postes et Télégraphes, et M. R. Planiol.

II. *Les anciens procédés de radiotélégraphie multiplex par oscillations superposées.* — On a déjà cherché à augmenter le rendement des stations de T.S.F. en envoyant simultanément plusieurs télégrammes par la même antenne, par des procédés semblables à ceux que l'on utilise en télégraphie avec fil.

Dans le cas des transmissions par fil, l'emploi des courants alternatifs donne une excellente solution. Chacun des télégrammes est transmis sur une fréquence particulière; les courants se superposent dans la ligne et, à l'arrivée, des résonnateurs accordés font le tri des fréquences pour actionner séparément autant de récepteurs que l'on a de transmissions. Ces superpositions de courants sont sans inconvénients, car les tensions électriques qui s'ajoutent sont très faibles et ne peuvent compromettre les isolements, et les puissances d'énergie mises en jeu sont tellement minimes que la dépense d'énergie n'entre pas en ligne de compte.

La T.S.F. à courte distance est à peu près dans le même cas. L'isolement d'une bonne antenne est en effet suffisant pour résister aux tensions produites par la superposition des ondes, et l'énergie dépensée dans la transmission n'est qu'une fraction peu importante des frais d'exploitation du poste. Aussi existe-t-il des installations dans lesquelles on peut transmettre en *diplex* en envoyant dans l'antenne en même temps des courants de haute fréquence correspondant à des longueurs d'ondes différentes pour chacun des télégrammes.

Mais la situation n'est plus la même pour les grands postes. Ceux-ci sont équipés pour utiliser sur l'antenne toute la puissance dont ils disposent, et l'antenne fonctionne généralement vers la limite de résistance des isolateurs lorsque le poste travaille à pleine charge. Il n'est alors plus possible d'augmenter la puissance pour envoyer un second télégramme puisque le premier télégramme absorbe à lui seul toute la puissance disponible. Mais, aurait-on même la possibilité de fournir davantage à l'antenne, cela ne serait pas permis puisque la tension produite par une seule série d'oscillations est à la limite de résistance des isolateurs. Si donc on voulait travailler en *diplex* par superpo-

sition d'oscillations, il ne faudrait envoyer dans l'antenne, pour chacun des télégrammes, que la moitié de l'intensité de courant que l'on aurait utilisée pour une transmission simple. La puissance mise en jeu dans chacune des transmissions ne serait plus alors que le quart de la puissance du poste et la portée se trouverait réduite dans une grande proportion. C'est pour ces raisons, semble-t-il, que les grands postes n'ont pas fait jusqu'ici de radiotélégraphie *diplex*.

III. *Les anciens procédés multiplex à changements de fréquence.* — On a proposé aussi des procédés *diplex* fondés sur l'utilisation d'un commutateur tournant à grande vitesse et produisant dans l'émission des variations de longueur d'ondes suivant un rythme musical. Nous n'insisterons pas sur ces ingénieux dispositifs parce qu'ils ne sont pas actuellement applicables aux grands postes, en raison de l'extrême difficulté que présenterait, pour de grandes puissances, la construction de leur organe essentiel, le commutateur tournant à grande vitesse.

On peut du reste remarquer que, dans leur fonctionnement, ces procédés dissipent la moitié de la puissance par l'émission d'ondes auxiliaires qui sont perdues pour la réception.

IV. *Principe du nouveau système de radiotélégraphie multiplex.* — La nouvelle méthode que nous venons de soumettre au contrôle de la pratique satisfait à la condition un peu paradoxale de permettre la transmission simultanée de plusieurs télégrammes par la même antenne en utilisant en même temps la même source de puissance pour tous les télégrammes, bien que chacun d'eux absorbe pour lui seul toute la puissance disponible dans le poste.

Le principe de la méthode consiste exclusivement à opérer par des changements méthodiques de la longueur d'onde des émissions.

Nous supposerons pour simplifier qu'il s'agit de transmettre seulement deux télégrammes ; le cas d'un plus grand nombre de messages simultanés se traiterait d'une manière analogue.

Nous conviendrons avec nos deux correspondants que le premier télégramme est transmis, lorsqu'il est seul, sur une certaine longueur d'onde A, et le second sur une longueur d'onde B. Nous disposerons le poste transmetteur pour que les changements de longueur d'onde se fassent instantanément, ce qui est facile comme on le verra plus loin.

Il n'y a évidemment aucune difficulté si les deux télégrammes sont transmis l'un après l'autre. Tout irait bien encore en transmettant les deux télégrammes en même temps si l'on avait la chance inespérée que les signaux du second vinssent s'intercaler entre les signaux du premier sans aucune superposition. Mais que va-t-on faire lorsque, pendant la transmission *diplex*, les deux clefs de manipulation se trouveront toutes deux en même temps sur leur position de travail?

La solution est la suivante :

Lorsque les deux clefs de manipulation sont en même temps sur leur position de travail, les dispositions prises dans le poste transmetteur font que l'émission, au lieu de se faire sur l'une des longueurs d'onde A *ou* B, *se fait maintenant sur une troisième longueur d'onde* C, *distincte des deux precédentes.*

Il peut y avoir aussi, dans certains cas, émission d'une onde de compensation D lorsque les deux clefs de manipulation sont en même temps dans leur position de repos. Toutes les émissions utiles A, B, C sont faites en utilisant la puissance maximum du poste.

Et c'est tout : il n'y a pas d'autres complications dans le mode d'émission.

Grâce à l'artifice de la troisième longueur d'onde, le premier télégramme se trouve ainsi transmis tantôt sur la longueur d'onde A et tantôt sur la longueur d'onde C, suivant que la clef de manipulation du second télégramme se trouve dans la position de repos ou de travail ; et ces ondes A et C se substituent constamment l'une à l'autre.

Pour recevoir ce premier télégramme on dispose le poste récepteur de manière qu'il soit capable de recevoir indifféremment les ondes A ou C à l'exclusion de toute autre longueur

d'onde. Le second télégramme est reçu de même sur les longueurs d'onde B et C.

On suit facilement ces changements de longueur d'onde sur le diagramme de la figure 1 où l'on a supposé que l'on faisait passer en même temps la lettre M pour le premier télégramme et la lettre N pour le second.

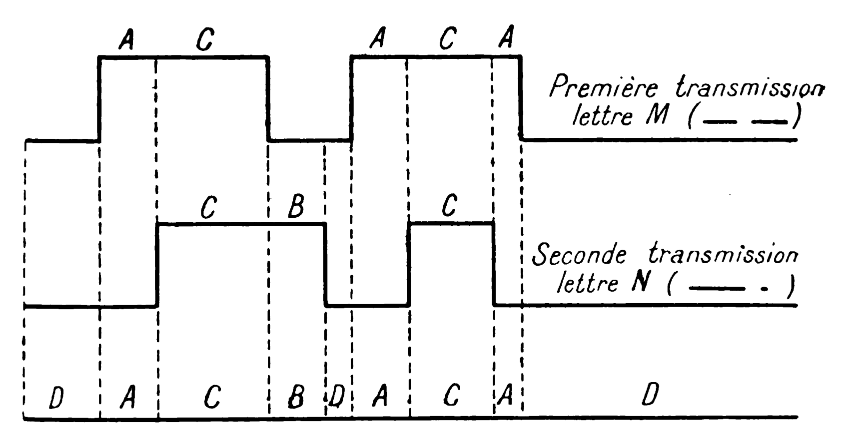


Fig. 1. — Transmission diplex : diagramme des longueurs d'ondes.

V. — *Réalisation : poste d'émission.* — La nouvelle méthode radiotélégraphique peut être utilisée avec n'importe quel système d'émission. Elle sera d'une application d'autant plus aisée que les changements de longueur d'onde seront plus faciles.

Dans le cas d'un *poste à arc*, le montage en diplex de la transmission est extrêmement simple. On peut par exemple faire ce montage suivant le diagramme de la figure 2. L'arc (1) actionne l'antenne (2) munie de sa self (3). Le circuit d'antenne agit par induction sur deux circuits de manipulation (4) et (5) contenant des interrupteurs (6) et (7). Les positions de travail sont celles où les interrupteurs sont ouverts. L'antenne émet ainsi des ondes ayant les longueurs d'onde A, B, C suivant qu'un seul interrupteur est ouvert ou qu'ils sont ouverts tous les deux ; et l'on émet l'onde de compensation D quand les deux interrupteurs sont fermés en même temps, c'est-à-dire dans la position de repos.

VI. — *Réalisation : poste de réception.* — La réception diplex est, aussi, très facile à réaliser. La figure 3 montre le principe général de l'installation.

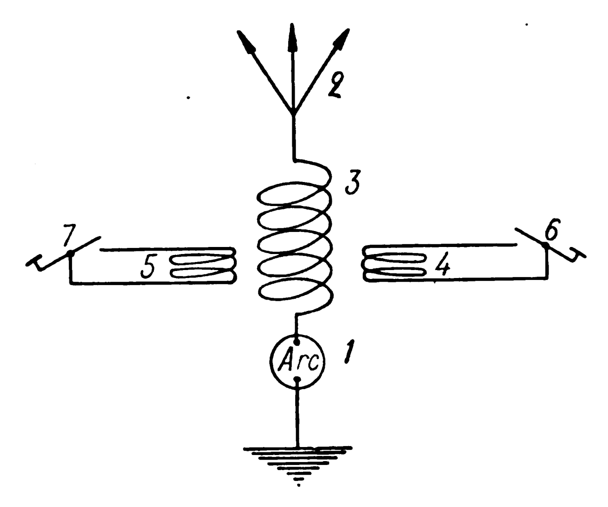


Fig. 2. — Émission diplex par un poste à arc.

L'antenne (1) actionne deux appareils sélecteurs à résonance, (2) et (3), convenablement accordés sur les fréquences utilisées. Ces appareils commandent à leur tour, par un groupement en série ou en parallèle, le récepteur proprement dit (4) qui est, suivant les cas, un écouteur téléphonique ou un enregistreur. Lorsque l'émission se fait sur une des longueurs d'onde caractéristiques c'est le sélecteur (2) qui actionne le récepteur (4), et quand la longueur d'onde passe à la seconde valeur caractéristique c'est le second sélecteur (3) qui fonctionne, de sorte que le récepteur (4) est actionné au passage de l'un ou l'autre des trains d'ondes caractéristiques à l'exclusion de toute autre fréquence.

VII. — *Essai d'exploitation.* — Après les premiers essais en laboratoire, une expérience industrielle vient d'être réalisée en collaboration avec le département de la Marine. Les émissions étaient faites à Nantes par le grand poste à arc de 100 kilowatts de la Marine, qui travaillait à pleine charge en transmettant simultanément deux télégrammes.

La réception était installée à Paris à l'École Normale Supérieure, où l'on pouvait recevoir soit à l'oreille, soit par enregistrement. Les expériences ont fonctionné régulièrement. On recevait à volonté l'un ou l'autre des deux télégrammes par de simples changements de capacité d'un condensateur réglable ; et l'on aurait pu inscrire en même temps les deux télégrammes dans la même station réceptrice.

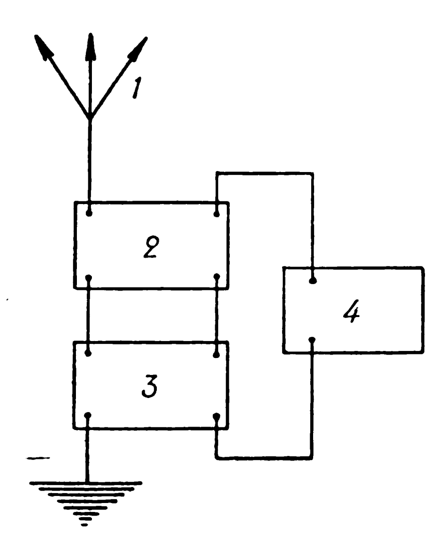


Fig. 3. — Réception diplex.

VIII. — *Secret des correspondances. Conclusions.* — Les résultats satisfaisants de ces essais montrent que les procédés de radiotélégraphie diplex à pleine charge peuvent entrer dans la pratique industrielle. Il est donc dès maintenant possible de *doubler le rendement des grands postes de T. S. F.* en leur faisant transmettre deux télégrammes en même temps, sans augmentation sensible des dépenses. Cela permettra aussi de condenser un trafic double dans les heures favorables où le correspondant éloigné n'est pas gêné par les parasites ; cela permettra aussi de répartir d'une manière plus efficace les 24 heures de la journée entre les différents services que doit assurer la station transmettrice.

Nous ajouterons enfin cette remarque assez importante, que

les changements constants de la longueur d'onde d'émission rendent la succession des trains d'ondes absolument intraduisible pour les postes d'écoute qui voudraient recevoir les transmissions diplex sans être équipés spécialement pour la réception simultanée sur deux longueurs d'ondes suivant le schéma général que nous avons donné plus haut.

La nouvelle méthode d'exploitation des stations transmettrices présente donc encore cet avantage de contribuer dans une très large mesure à assurer le secret des transmissions radiotélégraphiques.

COMITÉ TECHNIQUE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES.

Projet de pylônes de 250 mètres pour le poste radiotélégraphique de Lyon.

L'antenne du poste radiotélégraphique de l'Administration des Postes et Télégraphes de la Doua, aux environs de Lyon, est supportée actuellement par des pylônes de 180 et 200 mètres de hauteur. En juillet 1921, deux de ces derniers pylônes ont été renversés au cours d'une tempête ; une antenne de fortune, installée immédiatement, a permis néanmoins d'assurer le service.

Il convient de profiter des progrès récents de la technique pour améliorer l'antenne, non seulement au point de vue de la solidité, mais encore à celui des diverses conditions qui interviennent dans l'exploitation du poste.

Les pylônes détruits étaient du type « haubanné », dont la stabilité est assurée par des haubans, câbles d'acier attachés au sommet de chaque pylône et ancrés à des points fixes du sol. Or les pylônes non haubannés, dont la stabilité est assurée par la seule charpente métallique indépendamment de tout hauban, ont été employés dans diverses stations, notamment au poste Lafayette (1).

Une cause de faiblesse des pylônes haubannés est due au fait que les haubans se détendent à la longue, ce qui change l'état d'équilibre du pylône. En outre, les ancrages donnent lieu à des difficultés car ils doivent être établis à une certaine distance, ce qui exige un terrain considérable. A la Doua, la configuration des lieux ne permettait pas d'ancrer efficacement des pylônes de plus de 200 mètres de hauteur.

Le Comité technique a admis qu'il convenait de reconstruire

(1) *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones :* 1920 n° 4, p. 504.

des pylônes de 250 mètres à la place des pylônes de 200 mètres abattus ; de cette manière on facilite pour l'avenir l'augmentation de la hauteur de l'antenne, et par suite celle de la portée du poste. Ces pylônes sont du type non haubanné pour les raisons qui viennent d'être signalées.

L'Inspecteur Général des Ponts et Chaussées Harel de la Noé, qui avait étudié pour les services de la Radiotélégraphie militaire les pylônes de la station Lafayette et dirigé l'établissement de leurs fondations, a bien voulu faire le projet d'un nouveau type de pylônes destiné à servir de base à un concours technique entre les constructeurs.

Le pylône projeté sera formé, comme tout pylône, par des fers profilés assemblés les uns aux autres, il comprendra deux parties : celle du sommet aura la forme d'une pyramide triangulaire de 160 mètres de hauteur et sera supportée par trois autres pyramides dont les bases seront sur le sol et dont chacun des trois sommets supportera une arête de la pyramide supérieure. La hauteur commune aux trois pyramides de base sera de 90 mètres.

Pour réduire au minimum le poids du métal employé, les pylônes ont été établis de manière que la majeure partie des barres travaille à la traction : c'est en particulier le cas pour les entretoises, qu'il est ainsi possible de constituer non à l'aide de barres, mais au moyen de câbles tendus.

Les pylônes réaliseront ainsi une économie de fer notable par rapport à ceux du poste Lafayette.

Un concours technique, auquel servira de base le projet de M. Harel de la Noé, sera ouvert entre les constructeurs. Le choix entre les projets sera fait en tenant compte de leur valeur technique et de leur prix de revient.

Emploi des câbles téléphoniques en fils de 0 mm. 6 de diamètre.

Les câbles téléphoniques ont été jusqu'ici établis à l'aide de conducteurs de 1 mm, sauf pour ceux à très grand nombre de conducteurs (448 et 224 paires), dans lesquels des fils de 0 mm.6

sont employés. Il vient d'être créé un nouveau modèle de câbles à 112 paires en fil de 0 mm.6. L'emploi de ces câbles en « fils réduits » permet de diminuer le prix de revient des lignes en même temps que leur encombrement. Mais il ne saurait être appliqué sans précautions, car l'affaiblissement d'un circuit en fils de 0 mm.6 est beaucoup plus élevé que celui d'un circuit en fils de 1 mm. et par suite, en introduisant une trop grande longueur de câble en fil de 0 mm.6, on pourrait donner à la ligne un affaiblissement trop élevé pour que les communications interurbaines restent satisfaisantes. Le Comité technique a admis, que dans un réseau aéro-souterrain, la section en fil de 0 mm.6 ne doit pas avoir une longueur de plus d'un kilomètre, la section restante pouvant avoir une longueur de 2 kilomètres en fils de 1 mm. Cette règle est complétée par les suivantes : l'affaiblissement entre poste d'abonné et bureau interurbain ne doit pas dépasser 0,5 et dans un réseau aéro-souterrain, l'affaiblissement de la section en câble d'une ligne d'abonné ne doit pas dépasser 0,25.

Nouveau modèle de dérouleuse pour câbles.

Sur les dérouleuses employées actuellement dans la construction des lignes souterraines pour le transport des bobines de câble, aucun dispositif n'est prévu ni pour la mise en place des bobines de câble, qui se fait à bras à l'aide d'un plan incliné, ni pour l'enroulement de câble sur une bobine vide, opération qui se présente fréquemment dans les grands réseaux.

M. David, chef d'ateliers aux services téléphoniques de Paris, a imaginé un modèle de dérouleuse exempt de ces deux inconvénients. Pour la mise en place, chacun des deux flasques sur lesquels doit venir reposer l'axe, se prolonge en arrière par un plan incliné aboutissant à un crochet. Les brancards de la dérouleuse sont soulevés à l'avant ; l'axe est saisi entre les deux crochets ; il suffit ensuite d'abaisser les brançards de manière à soulever la bobine (ce qui se fait facilement, le rapport des bras de levier à l'avant et à l'arrière étant considérable, de telle sorte

que l'effort exercé sur les brancards est multiplié par 50 ou 80); l'axe de la bobine glisse sur les plans inclinés et vient prendre place dans les encoches qui doivent le porter pendant les manipulations.

Pour l'enroulement de câble sur une bobine vide, on place le support d'une manivelle sur l'avant du chariot qui est établi d'une manière convenable. L'axe de cette manivelle est muni d'un pignon qui est relié par une chaîne à une roue dentée placée sur l'axe de la dérouleuse ; de cette manière, le mouvement de la manivelle entraîne celui de la bobine.

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Périodiques en langue française, par M. Taffin, Directeur des Postes et Télégraphes. — Périodiques en langues étrangères, par MM. Cauchie, Inspecteur des Postes et Télégraphes, et Lavoignat, contrôleur des Postes et Télégraphes.

PÉRIODIQUES EN LANGUE FRANÇAISE.

Sur l'entretien simultané de circuits oscillants et de circuits harmoniques (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences* : 3 avril 1922). — M. Gutton a présenté une note dans laquelle il fait remarquer que lors de l'entretien d'oscillations électriques par une lampe à trois électrodes les variations pendulaires du potentiel de grille ne produisent pas des oscillations pendulaires de l'intensité du courant dans le circuit de plaque. Si donc, outre le circuit oscillant principal, on dispose sur le circuit de plaque un circuit accordé sur l'un de ses harmoniques, il vibrera en même temps que le premier sans qu'il soit nécessaire de le coupler au circuit de grille. Il est ainsi possible d'entretenir simultanément par une seule lampe une oscillation et toute la série de ses harmoniques.

Etude sur la résistance des antennes d'émission. (*R.G.E.* : avril 1922, d'après une note de M. T. L. Eckersley à l'Institution of Electrical Engineers). — Le rayonnement utile d'une antenne — qui est proportionnel au carré de la hauteur de l'antenne divisé par le carré de la longueur d'onde — devient insignifiant en comparaison des autres pertes quand la longueur d'onde est suffisamment grande. Avec des ondes de 20.000 m. on évalue à 10 °/₀ seulement de l'énergie fournie à l'antenne la partie qui en est rayonnée. Pour augmenter le rendement l'auteur étudie les moyens de réduire les pertes dans la terre et les fils environnants, en formant un *écran* entre la terre et les effets électromagnétiques de l'antenne.

Les écrans ont été utilisés avec succès dans de grandes stations, telles que celle de Clifden, où il suffit actuellement de mettre en jeu une puissance égale au sixième de la puissance autrefois nécessaire.

Un potentiomètre à courant alternatif par tube à vide (*R. G. E.* : avril 1922, d'après un article de M. E. C. Werste dans le Journal of A. I. E. E., décembre 1921). — Ce potentiomètre a l'avantage de s'appliquer à un large intervalle de fréquences — depuis 60 jusqu'à 14.000 périodes par seconde et il n'exige pour fonctionner qu'une source de courant de très faible puissance, par exemple un modèle courant d'oscillateur à tube à vide sans amplificateur.

PÉRIODIQUES EN LANGUES ÉTRANGÈRES.

Étude en Italie de l'exploitation des fils télégraphiques soumis à l'influence d'une ligne de traction électrique (*Telegrafi e telefoni* : septembre-octobre 1921). — On sait que l'exploitation de la traction électrique monophasée ou triphasée gêne considérablement le service télégraphique sur les fils qui sont situés au voisinage de la voie ferrée électrifiée. Le plus souvent les perturbations sont assez fortes pour paralyser le fonctionnement des télégraphes en raison de ce que les courants alternatifs induits occasionnent dans les organes de réception des vibrations qui rendent les signaux illisibles.

Ces graves inconvénients expliquent l'opposition des techniciens de l'Administration des télégraphes vis-à-vis les systèmes de traction à courants alternatifs et leur préférence marquée pour les systèmes à courant continu, bien qu'avec ces derniers il ne soit pas non plus possible d'éviter absolument les effets d'induction. De nombreuses tentatives ont été faites, de nombreux dispositifs ont été préconisés, en vue de remédier à ces perturbations ou du moins de les atténuer de façon à rendre possible la transmission des télégrammes par les moyens ordinaires; mais il résulte des articles récents parus dans

diverses revues techniques (1) et des avis formulés par les commissions chargées, dans divers États, de l'étude de cette importante question ainsi que d'une intéressante communication faite par le professeur Di Pirro au congrès des ingénieurs électriciens d'Italie, qu'il est pratiquement impossible de maintenir à proximité des lignes électrifiées les fils télégraphiques sans les doubler, c'est-à-dire sans remplacer, par un deuxième conducteur métallique, la terre utilisée jusqu'ici comme fil de retour.

Naturellement on peut encore supprimer les perturbations en éloignant les fils de la ligne électrifiée, mais l'éloignement doit être considérable et se continuer sur de nombreux kilomètres. Cette mesure n'est applicable qu'au cas où les conditions spéciales du tracé de la voie ferrée le permettent ; c'est la seule qui convienne pour de très longs circuits soumis à l'influence de la ligne électrifiée sur une partie seulement de leur parcours.

En résumé, pour supprimer les perturbations il est nécessaire de reconstruire les lignes télégraphiques d'après un nouveau tracé ou bien de doubler la ligne, d'où de nouveaux frais de construction, de main-d'œuvre et d'entretien.

*
* *

Les divers systèmes et dispositifs adoptés jusqu'à ce jour — en dehors de l'éloignement et du doublement de la ligne généralement adoptés par l'administration italienne des chemins de fer de l'État — sont pour la plupart compliqués et coûteux ; ils consistent tous à empêcher la production ou à entraver la circulation des courants perturbateurs sur les circuits télégraphiques, soit en agissant sur les circuits eux-mêmes, soit en modifiant l'installation de la ligne de

(1) *Telephone Engineer* : n°s 3 et 4 (1918) : « Effets d'induction occasionnés par les lignes de traction à courant alternatif » (H. S. Warrenn).

Le Génie Civil : n°s 17 et 18 (1919) : « L'électrification des chemins de fer français ; sa répercussion sur les services télégraphiques et téléphoniques » (P. H. Letheul).

Annales des P. T. T. : n° 4 (1918) : « L'électrification des chemins de fer français, etc. (A. Mauduit).

Annales des P. T. T. : n° 1 (1919) : « Remarques sur les conséquences de l'électrification, etc. (M. C. Valensi).

traction électrique, pour ne rien avoir à changer aux installations télégraphiques déjà en service. Leur efficacité, comme nous l'avons vu, ayant été reconnue insuffisante, on peut dire qu'ils sont abandonnés aujourd'hui.

Tout récemment, plusieurs fonctionnaires de la Direction générale des chemins de fer de l'État ont imaginé une nouvelle solution différente de toutes celles préconisées jusqu'ici et basées sur des principes différents, à savoir :

1° ne plus s'opposer d'aucune façon à la production des courants perturbateurs et à leur circulation le long des fils télégraphiques; au contraire les laisser circuler en même temps que les courants de transmission ;

2° adopter des courants de transmission tels qu'ils rendent possible l'emploi des appareils récepteurs ordinaires rendus insensibles aux courants perturbateurs et ne fonctionnant que sous l'effet des seuls courants de transmission.

La réalisation de la conception dont il s'agit fut obtenue en recourant au nouveau principe de la résonance électrique.

On utilise pour la transmission, un courant alternatif de fréquence relativement élevée par rapport à celle des courants perturbateurs, et, pour la réception, un dispositif en résonance électrique avec la fréquence du courant de transmission et capable de fonctionner régulièrement sous l'effet de celui-là seulement, en restant insensible à tous les courants perturbateurs.

On sait qu'un tel dispositif réduit à sa plus simple expression, se compose d'une inductance et d'une capacité en série. Parmi les nombreuses valeurs de l'inductance et de la capacité qui satisfont aux conditions de résonance, il s'en trouve cependant une qui répond mieux que les autres aux conditions d'application. On se rend facilement compte que l'opposition au passage des courants perturbateurs à basse fréquence sera d'autant plus forte que la self-induction sera plus considérable et la capacité plus faible, et qu'il convient donc de faire en sorte que la self-induction ait la plus grande valeur possible. Mais, d'autre part, il ne faut pas oublier qu'il existe des valeurs limites de la self-induction qu'on ne saurait dépasser dans la pratique.

On peut se livrer à des considérations du même genre en ce qui concerne la fréquence des courants de transmission. Pour les expériences dont il est question plus loin, on a adopté une fréquence voisine de 110 périodes ($\omega = 700$), qui est suffisamment élevée par rapport à celle des courants de transmission, sans l'être toutefois trop en ce qui concerne l'affaiblissement, lequel, vu la longueur de la ligne reste dans les limites raisonnables pratiquement.

Dans la pratique, il est absolument nécessaire que les appareils possèdent un champ de fonctionnement relativement grand, indépendamment de la sécurité et de la régularité du fonctionnement même, de façon à ce qu'ils puissent desservir plusieurs postes échelonnés sur le même circuit.

Dans ces conditions, si l'on utilise pour la transmission télégraphique un courant alternatif de fréquence sensiblement plus élevée que celle des courants perturbateurs, il faut faire en sorte que ceux-ci, à leur arrivée dans les appareils récepteurs, soient beaucoup plus faibles que le courant minimum indispensable pour les faire fonctionner et, alors, sans redouter les perturbations, il faut régler les organes de la réception de façon à ce qu'ils continuent à fonctionner régulièrement avec des courants de transmission sensiblement plus faibles que ceux qu'on obtient quand la fréquence correspond à la résonance parfaite à travers la capacité et la self du dispositif de réception. De cette façon, il n'est pas nécessaire que le courant de transmission ait rigoureusement la fréquence de résonance, mais il suffit qu'il s'en approche, avec une large tolérance en plus ou en moins.

Le système permet encore de réaliser, dans certaines limites, sur un même circuit télégraphique exploité par les procédés habituels, une ou plusieurs communications télégraphiques simultanées à des fréquences différentes ; ce qui permet d'obtenir de nouvelles communications sur les circuits actuellement en service ou sur une certaine portion de ces circuits.

*
* *

Chacun des postes télégraphiques construits d'après le système en

question doit, naturellement, comprendre un dispositif de transmission et un dispositif de réception. Ces dispositifs peuvent être différents. Le courant de transmission peut être obtenu dans la forme ordinaire ou encore être fourni par un réseau de distribution de lumière et de force à courant alternatif dont la fréquence relative a une valeur sensiblement plus élevée que celle des courants perturbateurs.

On peut, par exemple, utiliser un alternateur excité par le courant d'une dynamo alimentée par un courant de secteur ou par une batterie d'accumulateurs. Si l'on a à sa disposition du courant alternatif industriel à 42-50 périodes on peut l'utiliser directement après en avoir préalablement doublé ou triplé la fréquence au moyen de transformateurs statiques à fer saturé, tels que le duplicateur Vallauri ou le triplicateur Spinelli.

L'appareil de réception comprend un relais polarisé quelconque monté en série avec une petite capacité. Pour plus de facilité, la bobine dudit relais peut constituer elle-même l'inductance dont il a été question plus haut.

Le courant de transmission émis par un bureau fait vibrer l'armature du relais polarisé du bureau correspondant, et ces vibrations ouvrent et ferment alternativement le circuit d'une pile locale qui commande le fonctionnement de l'appareil récepteur par l'intermédiaire (ou non) d'un second relais. Les dispositifs de transmission et de réception peuvent être montés en dérivation entre le fil de ligne et la terre (fig. 1) ou en série sur le fil de ligne (fig. 2) ; en ce dernier cas, au lieu des appareils du poste télégraphique, on relie au fil de ligne le primaire d'un transformateur dont le secondaire renfermera les appareils du poste (fig. 3). A titre d'exemple, la figure 4 représente schématiquement les connexions d'un poste télégraphique morse à courant alternatif au cas où tous les bureaux desservis par le même fil sont en dérivation entre la ligne et la terre. Cette figure se rapporte aux applications faites jusqu'ici.

M représente un des manipulateurs morse ordinaires à cinq bornes.

L'abaissement du manipulateur isole l'appareil récepteur de la ligne et y envoie le courant alternatif fourni comme il est dit plu haut par une dynamo, ou, en l'absence de celle-ci, par une bobine

d'induction ordinaire alimentée par un courant continu interrompu périodiquement par un interrupteur ordinaire à vibrations ou par tout autre système. Lorsque le manipulateur est au repos, l'appareil de

Fig. 1.

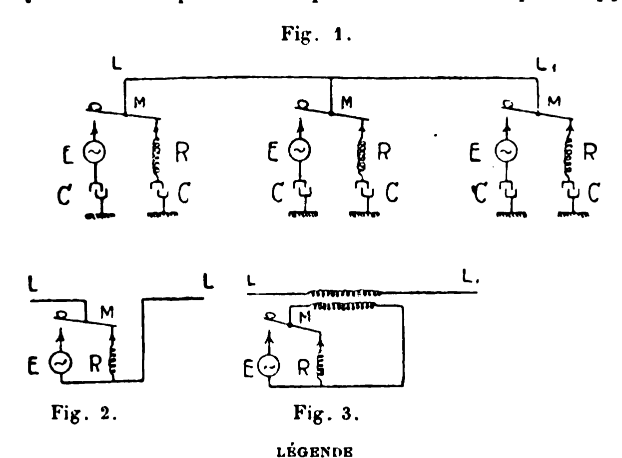


Fig. 2. Fig. 3.

LÉGENDE

L L_1 = ligne. — M = manipulateur. — E = génératrice. — R = appareil récepte
C = condensateurs.

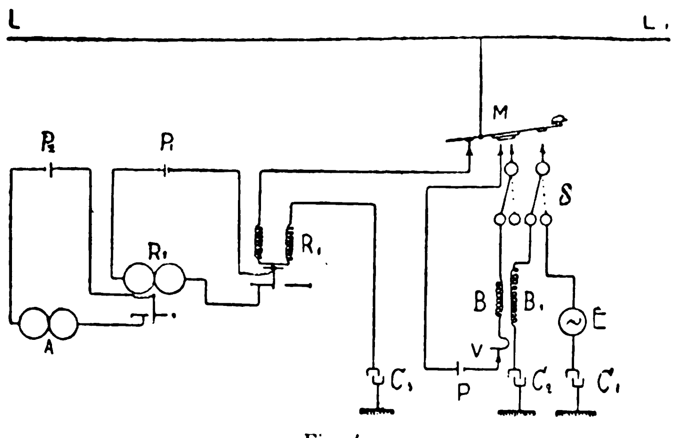


Fig. 4.

LÉGENDE

L L_1 = ligne. — M = manipulateur double. — S = commutateur à deux directions. — B B_1 = bobine d'induction. — V = vibrateur. — P = accumulateurs. — E = génératrice de courant alternatif. — C_1 C_2 C_3 = condensateurs. — R_1 = relais polarisé. — R_2 = relais ordinaire P_1, P_2 = piles. — A = récepteur morse.

transmission est isolé de la ligne qui aboutit à l'appareil récepteur composé, comme l'indique la figure 4, d'un relais polarisé R_1, dont

l'armature, quand elle vibre, rend intermittent un contact qui ferme le circuit de la pile P_1. Ceci équivaut à une augmentation de la résistance de la pile et, par conséquent à un affaiblissement du courant qu'elle débite. Le relais R_2 abandonne alors son armature; celle-ci ferme un second circuit qui renferme le récepteur morse A. On remarquera que le dispositif de réception se trouve considérablement simplifié si l'on utilise comme sounder le relais polarisé.

* * *

La Direction générale des chemins de fer de l'État italien, à laquelle les inventeurs ont soumis leur découverte, a fait procéder à une série d'expériences préliminaires en vue de vérifier le fonctionnement des nouveaux appareils, construits par la société Arco de Rome, et de s'assurer s'ils pourraient être employés utilement sur les réseaux ferrés existants.

Des expériences furent faites à diverses reprises entre les mois de mai et d'août 1921, d'abord sur les circuits influencés par la ligne électrifiée Turin-Pignerol, puis sur les circuits non influencés Roma-Orte. Les premières expériences (ligne Turin-Pignerol) permirent de se rendre compte de quelle façon les appareils fonctionnent dans le cas de surtensions; on a mesuré des tensions supérieures à 110 volts; la plus forte tension induite était de l'ordre de 258 volts efficaces. Ces valeurs sont de beaucoup supérieures à celles qui se rencontrent couramment, en raison de ce qu'il n'existe pas à Pignerol de sous-station d'alimentation.

Entre autres avantages, on a reconnu que les appareils servant aux essais donnaient une communication claire et régulière, tandis que, avec les autres appareils ordinaires montés sur le même circuit, les trépidations incessantes de l'armature de l'appareil récepteur gênaient considérablement la transmission.

Les expériences faites sur les circuits non inductés Rome-Orte, au contraire, ont été effectuées en vue de se rendre compte des perturbations susceptibles d'être produites par le nouveau système de télégraphie sur les circuits voisins, tout en contrôlant le bon fonctionnement des appareils servant aux essais.

On peut résumer ainsi les conclusions tirées des expériences :

1° le système permet de communiquer régulièrement avec des appareils Morse ordinaires sur un fil soumis aux perturbations ;

2° l'affaiblissement inévitable du courant alternatif suivant la distance à parcourir n'a pratiquement aucune importance vu la longueur courante des circuits utilisés pour le service des chemins de fer ;

3° les perturbations produites par le système à courant alternatif sur les circuits télégraphiques voisins et parallèles n'ont aucun effet sur le fonctionnement des appareils Morse ;

4° lorsqu'on utilise une bobine d'induction, les perturbations produites sur les circuits téléphoniques voisins et parallèles sont les mêmes que celles produites par les autres circuits télégraphiques ; elles sont à peine plus prononcées lorsqu'on utilise une dynamo à débit régulier.

*
* *

Satisfaite du résultat des expériences, l'Administration des chemins de fer a décidé de faire une première application pratique du système sur la ligne Turin-Pignerol ; l'installation se poursuit actuellement. Étant donné que la ligne qui a servi aux essais était seulement provisoire et de construction rudimentaire (un fil de retour était commun à plusieurs circuits) une expérience faite dans de pareilles conditions présentait une grande importance parce que sur toutes les autres lignes, construites plus loin de la sous-station et des lignes télégraphiques, l'importance des perturbations ne saurait être supérieure à celle des perturbations constatées sur le circuit Turin-Pignerol.

*
* *

Quant à l'adoption du système en question comparé au doublement des fils, — qui toutes choses égales d'ailleurs est une complication sérieuse — elle permet de réaliser une économie sensible des frais de construction et d'entretien ; quand, par suite du manque de temps ou en raison de difficultés spéciales on doit surseoir au doublement de la ligne, le système constitue une solution provisoire très satisfaisante.

Nous jugeons opportun de donner ici le résumé des calculs : soit : l, la longueur en kilomètres de l'ensemble des fils télégraphiques d'une ligne appartenant à la compagnie des chemins de fer ;

a, le nombre d'appareils télégraphiques reliés à la ligne ;

g, le nombre des bureaux existants et, par suite, celui des génératrices nécessaires pour exploiter la ligne télégraphique au moyen des courants alternatifs.

Posons :

$$x = \frac{l}{a} \qquad z = \frac{a}{g}$$

Des mesures effectuées sur diverses lignes du réseau, il résulte que le rapport x peut varier entre un minimum : 7, 5 (Rome-Avezzano) et un maximum : 12, 2 (Milan-Bologne) et que z augmente avec le nombre des circuits composant la ligne télégraphique, ce qui est naturel.

Pour une ligne télégraphique à :

2 circuits,	on	peut	prendre		$z = 1,4$	environ
3	»	»	»	»	$z = 1,7$	»
4	»	»	»	»	$z = 2,6$	»
5	»	»	»	»	$z = 3,1$	»

soit encore ;

p les frais moyens de doublement d'un fil d'un kilomètre ;

q les frais d'utilisation des nouveaux appareils répartis sur tous les kilomètres de fil ; posons :

$$y = \frac{p}{q} ;$$

on peut calculer la loi suivant laquelle y varie en fonction de x pour des lignes composées de 2, 3, 4 et 5 circuits.

Cette loi montre comment varie le caractère économique de l'emploi des appareils à courant alternatif par rapport au doublement des lignes, variable suivant les propriétés caractéristiques de chaque ligne télégraphique représentée dans le rapport $x = \frac{l}{a}$,

soit :

h, le prix de chaque appareil ;

k, le prix de chacune des génératrices.

Pour n kilomètres de fil on aura :

$$nq = \frac{n}{x} \times h + \frac{n}{zx} \times k$$

et pour un kilomètre,

$$q = \frac{h}{x} + \frac{k}{zx}$$

d'où :

$$y = \frac{p}{q} = \frac{p}{h + \frac{k}{z}} \times x$$

qui est une fonction linéaire de x.

On peut donc, en faisant varier le paramètre z, tracer les droites représentatives de la fonction par ligne de 2, 3, 4, et 5 circuits et calculer facilement quel degré de facilité on obtient en appliquant le système de télégraphie par courant alternatif au lieu de doubler les fils sur des lignes à caractéristiques spéciales.

On voit de suite que la comparaison des avantages sera donnée par les valeurs du rapport x correspondant à toutes les intersections des droites en question avec celles obtenues en faisant y égal à l'unité.

*
* *

L'application du système mis à l'essai sur la ligne Turin-Pignerol et son fonctionnement en service courant, constituent un champ fécond d'études pratiques qui permettront de recueillir de précieux renseignements en vue des applications futures.

Nouvel appareil de mesure de la fréquence et d'autres grandeurs : R. C. Clinker (*The Electrician*, 5 août 1921). — *Principe.* — Le professeur Elihu Thomson a effectué le premier une expérience bien connue qui consiste à placer un anneau métallique A, autour d'un noyau B en fer feuilleté, qu'on aimante au moyen d'un courant alternatif parcourant une bobine D (fig. 1). Lorsqu'on établit le courant, l'anneau est repoussé par la bobine et expulsé du noyau On se sert généralement d'un anneau homogène, mais une bobine à enroulements multiples shuntée est naturellement chassée de la

même façon. On explique le phénomène de répulsion par le fait qu'eu égard à l'inductance de la bobine, le courant qui la parcourt est décalé d'environ 180° par rapport au flux. Il est évident, par suite, que si le courant induit était de phase opposée, c'est-à-dire décalé de 180° par rapport au flux, la force changerait de sens et la bobine serait attirée vers le noyau. Cela peut être réalisé en montant un condensateur en dérivation sur la bobine. Il ne faut pas que la valeur C de la capacité de ce condensateur soit trop considérable. Elle doit être nettement inférieure à la valeur de résonance $\frac{1}{\omega^2 L}$ (où $\omega = 2\pi f$ et où L = inductance de la bobine) afin qu'il y ait décalage de phase et production d'une force d'attraction.

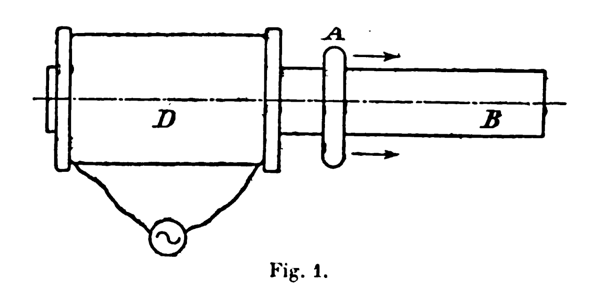


Fig. 1.

La bobine étant proche de l'extrémité du noyau, supposons que la capacité ne soit que légèrement inférieure à la valeur de résonance (fig. 2). Si la bobine joue librement, elle se déplace le long du noyau dans le sens indiqué par la flèche. Mais, au cours de son déplacement, son inductance effective augmente, et il arrive un moment où la condition de résonance est satisfaite, c'est-à-dire que $\omega^2 LC = 1$. Dans cette position, la force moyenne devient nulle, car alors la phase du courant est en quadrature avec le flux. Tout autre déplacement produirait une force répulsive, en sorte que la bobine reste en équilibre stable à la position de résonance. On remarquera que la bobine s'est déplacée jusqu'à ce que son propre circuit ait été accordé sur celui du primaire; elle constitue donc un système à autoaccord, qui rétablit la relation de quadrature du courant et du flux chaque fois que ce rapport est modifié.

La bobine occupant cette position d'équilibre, considérons l'effet

qu'exercent sur elle les variations de la fréquence. Lorsque la fréquence s'élève, un nouvel accord devient nécessaire et la bobine s'éloigne du primaire de façon à réduire son inductance d'une quantité convenable et à retrouver le point de résonance. Une diminution de la fréquence produit l'effet contraire, et la bobine est attirée vers son primaire. D'autre part, une variation de l'intensité du flux ne produit aucun mouvement, mais accroît simplement la stabilité de la bobine mobile.

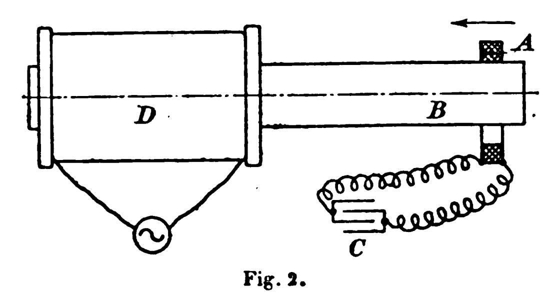


Fig. 2.

On voit, d'après ce qui précède, que, si l'inductance et la capacité sont constantes, la position de la bobine dépend uniquement de la fréquence et que, par conséquent, l'appareil constitue un bon fréquencemètre. Il suffira que la bobine puisse se mouvoir librement, qu'elle soit convenablement équilibrée, et qu'on aménage une échelle graduée en périodes par seconde.

Visibilité de l'échelle. — La distance qui sépare deux divisions de l'échelle correspond à une certaine variation de l'inductance effective lorsque la bobine passe d'une position à une autre. Plus la variation de l'inductance pour un déplacement donné sera grande, plus exacte sera l'échelle des fréquences et vice-versa. Pour graduer l'échelle, on peut intercaler en série une inductance extérieure constante; on réduira de cette façon la valeur de la variation de l'inductance totale du circuit de la bobine mobile. On obtiendra ainsi une échelle extrêmement étendue. La figure 3 représente un type d'appareil dont les divisions, pour une variation d'une période par seconde, recouvrent 5 centimètres de l'échelle, ce qui permet de lire la fréquence à une grande distance. On n'éprouve aucune difficulté à obtenir un couple assez fort, c'est-à-dire une grande force stabi-

lisante, même pour une échelle aussi lisible ; on peut même, au besoin, accroître cette qualité.

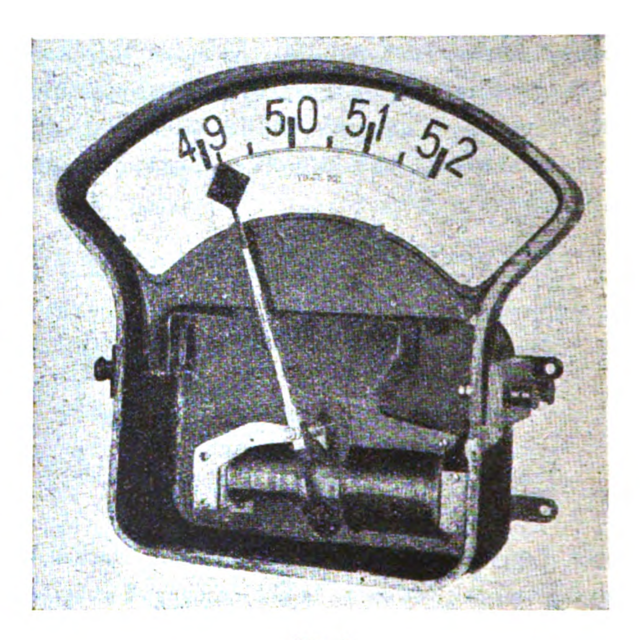


Fig. 3.

Erreurs. — Comme nous l'avons montré ci-dessus, il ne se produit aucune erreur du fait de la variation du voltage sur une échelle considérable. Le couple stabilisateur devient évidemment faible lorsque les voltages sont très au-dessous de la normale. Lorsqu'ils sont très au-dessus de la normale, lorsqu'on se rapproche de la saturation, une nouvelle distribution du flux peut entraîner des erreurs. Toutefois, si l'appareil est construit avec soin, une variation de voltage dans le rapport de 1 à 3, n'influe pas de façon sensible sur la lecture.

Une variation de la résistance dans la bobine mobile reste sans effet sur la déviation. Ceci provient évidemment de ce qu'une telle variation ne modifie pas la phase du courant de la bobine mobile. Il s'ensuit que l'appareil n'est pas sujet aux erreurs de température dues à une variation de la résistance.

On peut réduire considérablement l'effet des harmoniques sur la forme de l'onde de la force électromotrice appliquée, en faisant en sorte que la résistance des deux bobines reste très faible.

On a soumis à des essais l'appareil représenté sur la figure 3. Au moyen d'un alternateur auxiliaire, des forces électromotrices harmoniques furent introduites en nombre variable dans le circuit; on constata que l'harmonique 3 (dont l'amplitude était égale à 43 °/₀ de celle du fondamental) ne produisait qu'une erreur d'un quart de période sur 50 périodes; avec un harmonique ayant 5 fois la fréquence du fondamental et une amplitude de 43 °/₀ également, l'erreur était encore moins accentuée. Des harmoniques possédant ces amplitudes correspondent à des ondes beaucoup plus altérées qu'elles ne le sont normalement dans la pratique.

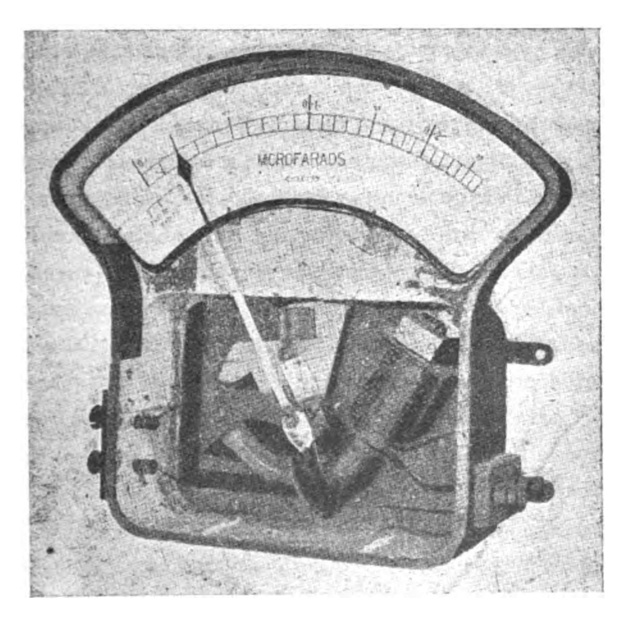


Fig. 4.

Utilisation de l'appareil pour d'autres mesures. — D'après ce qui précède, on voit clairement qu'on peut se servir également de l'appareil pour mesurer la capacité et l'inductance. La figure 4 représente un appareil permettant de mesurer la capacité. Dans ce cas, on relie à la bobine mobile une capacité fixe dont la valeur est telle que l'aiguille soit au zéro à la fréquence normale. Puis on gradue l'instrument en reliant différentes capacités connues aux bornes de la bobine mobile et en traçant les divisions. On peut encore effectuer

le calibrage en recourant à des fréquences connues et en calculant les valeurs correspondantes de la capacité. La chose est facile si l'on tient compte de ce que la fréquence est proportionnelle à la racine carrée de la capacité. C'est ainsi que l'on obtient une même déviation de l'aiguille en élevant la fréquence de 50 à 60 périodes ou en augmentant la capacité dans le rapport $\frac{60^2}{50^2}$.

L'appareil représenté sur la figure 4 a été construit pour permettre de mesurer rapidement les capacités des condensateurs de magnétos. On a disposé près du zéro de l'échelle une seconde échelle très réduite qui permet d'effectuer les corrections utiles lorsqu'il se produit une variation quelconque dans la fréquence appliquée.

Lorsqu'il sert à mesurer l'inductance, on munit l'appareil d'un condensateur « de réglage » qui sert à immobiliser l'aiguille sur une division quelconque. Dans ce cas, la mise en série avec le circuit, d'une inductance quelconque, est balancée instantanément par une réduction équivalente de l'inductance, car la bobine mobile s'accorde à nouveau d'elle-même et indique sur l'échelle la variation de l'inductance.

On donne à l'appareil différentes formes, mais celle décrite plus haut est la plus simple ; tel quel, l'appareil constitue un dispositif presque parfait pour la mesure exacte des fréquences commerciales. Pour les hautes fréquences, d'autres formes sont préférables.

Les constantes de l'appareil restent les mêmes pour d'importantes variations de la fréquence. Ainsi, pour que les lectures soient identiques, un changement de fréquence de 50 à 500 périodes par seconde demande une réduction de la capacité dans le rapport de 100 à 1 très exactement pour que la même échelle puisse servir.

Révision de certaines lois électromagnétiques, par Carl Hering (*Journal of the Franklin Institute* : novembre 1921). — La célébration du centenaire des importants travaux et des découvertes fondamentales des physiciens illustres, Ampère et Œrsted, constitue une excellente occasion de signaler certains phénomènes nouveaux, d'énoncer quelques lois récemment découvertes (si tant est qu'il y en ait), et surtout d'examiner plus minu-

tieusement les lois qui président à ces phénomènes, telles qu'on les enseigne dans les écoles, dans les universités, dans les livres scientifiques, afin de s'assurer si ce sont vraiment des lois *universelles*, ou bien s'il est nécessaire ou convenable d'y apporter certaines modifications les adaptant mieux aux progrès les plus récents ou les rendant plus claires, plus facilement assimilables par les étudiants.

Une loi est *universelle* lorsqu'elle ne souffre aucune exception. Si elle admet des exceptions, elle perd son caractère d'universalité : ses limites doivent être nettement tracées, ou bien alors il faut énoncer une nouvelle loi qui soit véritablement universelle. Lorsqu'elle est reconnue telle, on peut dire à coup sûr qu'un dispositif ou un appareil qui viole la loi universelle ne peut absolument pas fonctionner ; tel est le cas pour tout projet de mouvement perpétuel. De plus, si une loi est considérée à tort comme universelle, il peut arriver qu'on rejette comme inopérant un nouvel appareil ou une nouvelle méthode, empêchant ainsi la réalisation d'un progrès dans une branche nouvelle de la science ou dans des champs d'activité inexplorés. Plusieurs fois l'auteur s'est trouvé en face de cas de ce genre; une fois entre autres, en s'appuyant sur une loi considérée comme universelle, il en tira des conclusions contraires aux faits ; par voie de conséquence, il reconnut qu'un certain dispositif, basé sur cette loi très connue et très utile, ne donnait pas les résultats attendus. Enseigner qu'une loi est universelle lorsqu'il est prouvé qu'elle ne l'est pas, c'est, à nos yeux, commettre un crime de lèse-éducation au détriment des nouvelles générations qui comptent s'appuyer sur cette loi pour explorer des domaines scientifiques encore inconnus. Si une loi est vraiment universelle, elle doit convenir à tous les cas futurs. Si nous ne connaissons aucune exception à la loi, nous sommes excusables; mais, du jour où nous avons trouvé des exceptions, nous sommes inexcusables si nous continuons à soutenir que la loi est universelle.

De plus, lorsqu'il est prouvé que l'énoncé d'une loi n'est pas correct, il faut le modifier. A notre avis, c'est un devoir que le savant physicien doit remplir dans l'intérêt de ses élèves. Nous pourrions citer un cas où, nous basant sur une loi que nous croyions correctement formulée, nous avons dépensé des sommes énormes et perdu

un temps considérable pour construire un dispositif qui aurait donné toute satisfaction si l'énoncé avait été correct ; or le dispositif ne nous a réservé que des mécomptes par suite du mauvais énoncé de la loi.

Une autre fois, les physiciens niaient l'existence de certaines forces en se basant sur des lois énoncées dans les ouvrages techniques ; or nous avions constaté pratiquement l'existence de ces forces en mesurant leurs effets ; nous avons en conséquence demandé qu'on nous explique le pourquoi de ces effets. Certain partisan d'une ancienne loi essaya d'expliquer les résultats par des forces hydrauliques ; mais nous croyons pouvoir démontrer que la loi, telle qu'elle est énoncée dans les ouvrages (ou telle qu'on l'interprète généralement), n'a pas une portée suffisamment étendue et qu'on peut, qu'on doit même, formuler une loi nouvelle, plus générale, qui embrassera tous les faits observés ; elle montrera que les forces dont on niait jusqu'ici l'existence existent réellement.

Même dans le cas où l'on pourrait expliquer certains phénomènes nouvellement constatés en tirant laborieusement des déductions des anciennes lois admises par nos devanciers, nous pensons fermement qu'il est de notre devoir de formuler, s'il est possible, des lois à la fois plus simples et plus générales, d'une application plus directe, dans l'intérêt des étudiants et des jeunes chercheurs.

Les courants de même nature s'attirent.

On trouve dans tous les ouvrages sur l'électricité une loi ancienne et bien connue qui dit que « les courants de même nature s'attirent et que les courants de nature différente se repoussent ». Ainsi énoncée, cette loi n'est pas correcte. Si elle l'était, il s'ensuivrait nécessairement que la densité du courant dans un conducteur serait plus grande au centre que vers la périphérie, puisqu'on peut considérer le courant comme formé d'un grand nombre de filets de courant parallèles qui s'attireraient mutuellement vers le centre. Nous savons que ce défaut d'uniformité dans la densité du courant n'existe pas. Cela voudrait dire encore, par exemple, que le courant qui, dans un bain galvanique, passe de la plaque positive à la plaque

négative, devrait causer la formation d'un dépôt plus dense au milieu de la cathode ; or on sait qu'il n'en est rien. D'autre part, si cette loi était vraie, l'effet de cisaillement, dont nous parlerons tout à l'heure, ne se produirait pas ; or nous savons qu'il se produit réellement. Enfin, deux rayons cathodiques traversant un tube à vide parallèlement et dans le même sens se repoussent, comme c'est normal, s'ils sont composés de charges semblables circulant dans des régions très voisines l'une de l'autre ; ceci prouve que les courants de même nature se repoussent lorsqu'ils ne circulent pas à travers des conducteurs.

Pour corriger l'énoncé de la loi relative aux forces électriques d'attraction et de répulsion, on devrait dire que ces forces agissent sur le *conducteur*, c'est-à-dire sur le métal dont le conducteur est formé, et non sur les *courants* pris en eux-mêmes. L'effet de cisaillement prouve de façon concluante que c'est la substance du conducteur (et non le courant *per se*) qui est chassée par cette force vers le centre. Dans la plupart des cas, cette distinction entre les courants et les conducteurs ne présente aucune importance, mais il en est pourtant où elle prend une importance capitale : pour être universelle, une loi doit s'appliquer à tous les cas. Cette distinction offre encore un certain intérêt en raison de ce qu'on doit en faire une semblable à propos de l'induction électromagnétique, ainsi qu'on le verra ci-dessous ; disons même qu'il est un troisième cas où elle s'impose vraisemblablement.

Ces forces, qui agissent entre conducteurs voisins parcourus par un courant, peuvent être considérées comme la résultante de l'action du flux magnétique qui entoure les conducteurs, mais il importe de remarquer que ce flux agit principalement sur le conducteur et non pas seulement sur les courants (1). S'il agissait principalement ou exclusivement sur les courants, il en résulterait, dans le cas de deux conducteurs très rapprochés parcourus par un courant continu constant, qu'une moitié de chaque conducteur

(1) L'effet Hall, dont Maxwell niait l'existence, montre que le flux agit également sur les courants ; il semble qu'il en soit ainsi lorsque les conducteurs ne peuvent se déplacer librement (voy. définition donnée dans les *Laws of Physical science*, par Northrup).

serait parcourue par une plus grande quantité d'électricité que l'autre moitié; or on sait que tel n'est pas le cas, si l'on néglige le léger accroissement dû à l'effet Hall.

L'effet de cisaillement.

Il y a environ 14 ans, en partant de l'ancienne loi considérée comme exacte, nous sommes arrivé à conclure qu'un conducteur métallique quelconque pouvait être maintenu en fusion à l'air libre, par simple application d'un courant suffisamment intense. Or nous avons constaté qu'il n'en était pas réellement ainsi, car il arrivait un moment où le conducteur en fusion se contractait en un point qui était toujours celui où la section transversale était le plus faible; la contraction produisait un fléchissement en forme de V qui allait en s'accentuant rapidement jusqu'à atteindre le fond du conduit ouvert (fig. 1), profond de 15 centimètres et rempli de fer fondu Le circuit se trouvait alors rompu; le courant ayant cessé, le métal séparé se regroupait, puis il se séparait aussitôt en projetant des gouttelettes de métal en fusion comme l'aurait fait un volcan en miniature. La figure 1 reproduit l'aspect du métal au moment où la rupture va se produire; E. E. sont deux électrodes solides.



Fig. 1.

L'aspect de la dépression en forme de V qui finissait par s'étendre sur toute l'épaisseur du métal en fusion rappelait celui d'une colonne liquide serrée par une pince dans un tube en caoutchouc; c'est pour cette raison que nous avons donné à ce phénomène le nom de « pinch effect » (effet de cisaillement) sous lequel il est connu en Amérique et dans les autres pays. Ce n'est pas un nom mal choisi comme certains l'ont prétendu, car il donne, mieux que tout autre, une idée exacte de l'aspect du phénomène tel qu'il se manifeste généralement dans des conduits ouverts.

On peut expliquer ce phénomène par la contraction radiale du flux environnant, qui fait fléchir la colonne liquide au point de la couper en deux, ou encore par l'attraction des filets de courant de même signe, qui est maximum au point de coupure ; cette deuxième explication n'aurait aucun sens si la force électromagnétique agissait sur les courants comme l'admet l'ancienne loi, en distinguant entre les courants et la masse métallique du conducteur.

Nous avons donné à cette force le nom de force intérieure afin d'établir une différence entre elle et les forces extérieures qui agissent sur le conducteur (influence d'un second conducteur voisin ou d'un électro-aimant) ; ces forces extérieures, étudiées par Ampère, par Œrsted et par d'autres physiciens, sont copieusement décrites et analysées dans tous les ouvrages techniques ; les autres forces y sont presque complètement négligées. On peut dire aux étudiants que cette force est due apparemment à la contraction du flux externe bien connu ; l'explication basée sur l'effet du flux interne est plus difficile à saisir. On pourrait l'appeler force d'*autocontraction*; le terme serait plus juste et s'expliquerait de lui-même. On peut supposer qu'en un point quelconque, pris à l'extérieur ou à l'intérieur du conducteur, l'intensité du flux représente l'intensité *résultante*, en ce point, du flux extérieur et du flux intérieur considérés comme un *tout* ; on voit par là que les deux flux contribuent à engendrer cette force de contraction. Toutefois, il est vrai que, par suite de la contraction du conducteur, le flux intérieur seul est coupé ; il suffira donc de considérer ce flux seulement lorsqu'on procédera à des déductions mathématiques quantitatives.

Il peut être intéressant de signaler en passant que nous avons constaté que, dans le système C.G.S., le rapport quantitatif entre cette force d'une part, le courant et la section du conducteur d'autre part, lorsque celui-ci est soustrait à toute action électromagnétique étrangère, est donné par la formule $P = \frac{I^2}{S}$, où P représente en dynes par centimètre carré la pression au centre et I l'intensité du courant en unités C.G.S. ; la section S est exprimée en centimètres carrés. Cette force n'est donc pas une fonction directe de la seule densité du courant.

La figure 1 montre que la contraction est accompagnée d'un mouvement très prononcé du conducteur en fusion dans la direction de son axe. Nous avions pensé tout d'abord que c'était un effet hydraulique dû à la pression radiale. Nous verrons plus loin qu'il y a de fortes raisons pour admettre ici l'existence d'une force d'autodilatation. La force de contraction est très sensible à l'effet des courants et des aimants voisins. On emploie aujourd'hui un grand nombre de fours électriques, qui permettent d'utiliser ces forces (et plusieurs autres) pour chasser le métal fondu des diverses résistances, dans lesquelles la chaleur est appliquée au métal lui-même. La figure 9 représente le schéma d'un ancien type de four électrique à chauffage par résistance.

Loi de l'induction (*loi de Maxwell*).

Telle qu'elle est énoncée dans la plupart, disons même dans tous les ouvrages, la loi bien connue et universellement appliquée de Maxwell est basée sur les variations d'un certain flux magnétique dans un *circuit électrique* (ce sont les propres termes de Maxwell), c'est-à-dire sur les liens entre circuits magnétique et électrique. On trouve cette loi à la base de tous les calculs relatifs aux générateurs, moteurs et transformateurs électriques; il semble qu'on puisse la considérer comme la loi fondamentale et universelle de l'induction (1). Par conséquent, il est donc permis de tabler sur cette loi comme sur une loi *universelle*, c'est-à-dire n'admettant aucune exception.

Aussi bien, nous nous sommes appuyé sur cette loi pendant plus d'une douzaine d'années pour rechercher un nouvel appareil d'induction qui aurait eu des propriétés spécialement remarquables; mais comme nous savions par expérience que de telles lois n'étaient pas toujours énoncées correctement dans les ouvrages techniques, nous eûmes l'idée de vérifier tout d'abord l'exactitude de cette loi en recourant à une expérience à la fois simple et décisive. L'expé-

(1) Maxwell dit lui-même : « Nous pouvons énoncer complètement de cette manière la loi véritable de l'induction magnéto-électrique » (sec. 541).



rience démontra qu'on pouvait interrompre, puis rétablir le passage d'un courant circulant dans un circuit électrique fermé sans induire de f. é.-m. quelconque et, bien entendu, sans interrompre le circuit. Si l'on s'en rapportait à la loi de Maxwell, telle qu'il l'a for-

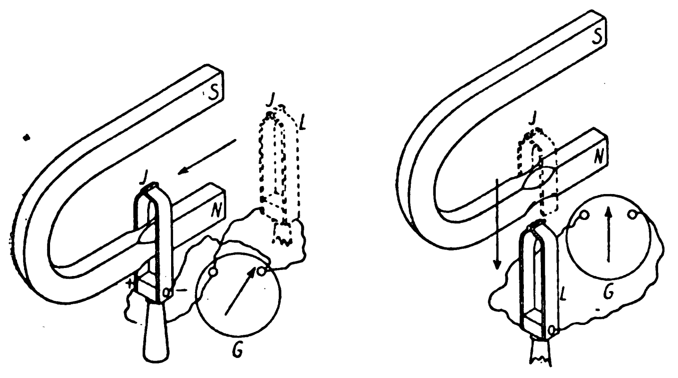


Fig. 2 et Fig. 3.

mulée, et aux versions que certains en ont données après lui, il devrait, dans l'expérience qui nous occupe, se produire nécessairement des phénomènes d'induction. Donc, cette expérience viole la loi ; elle constitue bien une exception ; par suite, la loi de Maxwell n'est pas universelle ; elle ne peut plus être considérée comme telle. Nous croyons savoir que c'est la première fois qu'une exception à cette loi était signalée.

Les figures 2 et 3 montrent que, lorsque le circuit fermé L était soumis à la manière habituelle à l'action du champ magnétique (fig. 2), il se manifestait de l'induction ainsi qu'on pouvait s'y attendre ; on le constatait par la déviation de l'aiguille du galvanomètre G. Mais lorsqu'on éloignait le circuit L de la manière indiquée sur la figure 3, il ne se produisait pas le moindre courant induit ; le circuit restait naturellement fermé en permanence. Le circuit traversait le flux, mais le conducteur non.

A notre demande, C. P. Steinmetz formula une nouvelle loi qui semble pouvoir être considérée comme universelle et appliquée comme telle ; il est problable que c'est la première fois qu'une telle loi vraiment universelle a été formulée.

Le point mis en évidence par cette expérience est analogue au cas

cité plus haut, à savoir qu'il est absolument nécessaire d'établir une distinction entre le conducteur lui-même et le circuit *per se*. Maxwell n'avait pas fait cette distinction ; il ne considère en effet ici que le « circuit » ainsi qu'il le dit lui-même. Du fait que le flux constitue nécessairement un circuit qu'il n'est pas possible de fermer comme un circuit électrique, il s'ensuit qu'en modifiant (pour employer l'expression même de Maxwell) la quantité de flux dans n'importe quel circuit électrique fermé, le flux doit traverser le circuit, suivant l'expression de Faraday. La particularité de cette expérience réside en ce que le conducteur même ne traverse pas le flux magnétique, bien que le « circuit » le traverse.

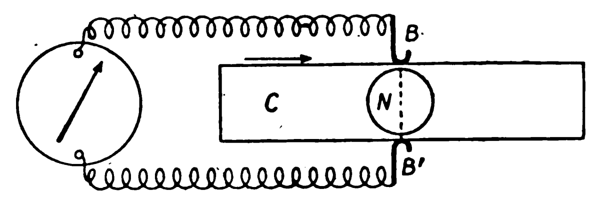


Fig. 4.

Si Faraday avait étudié une autre variante de l'une de ses expériences classiques, il aurait remarqué cette particularité, et son disciple Maxwell aurait vraisemblablement modifié son énoncé en conséquence. Voici comment Faraday procédait : il déplaçait une lame de cuivre C (fig. 4) devant le pôle N d'un aimant permanent ; deux balais fixes B et B′, reliés à un galvanomètre, fermaient le circuit électrique suivant la ligne pointillée B B′. Faraday constatait la présence d'un courant induit lorsqu'il faisait glisser la lame de cuivre. Celle-ci et les balais étant au repos, s'il avait déplacé l'aimant, il aurait obtenu également un courant, ce qui confirmait l'énoncé de Maxwell puisque la quantité de flux à l'intérieur du circuit aurait été « modifiée ». Mais si, à cette dernière phase de son expérience, Faraday avait déplacé simultanément l'aimant et la lame de cuivre, la loi de Maxwell aurait pu être de nouveau invoquée puisque, comme auparavant, le flux à l'intérieur du circuit aurait été modifié ; mais il n'y aurait pas eu la moindre induction puisque le métal du conducteur ne traversait pas le flux bien que le circuit, lui, le traversât.

Si Faraday avait interprété correctement une de ses autres expériences classiques (voy. fig. 5), il aurait été amené à faire cette distinction. L'aimant N S tourne autour de son axe; un circuit fermé, L, réunit le centre du pôle N au milieu de l'aimant. On voit qu'ici le circuit électrique se ferme sur l'aimant; le même flux F

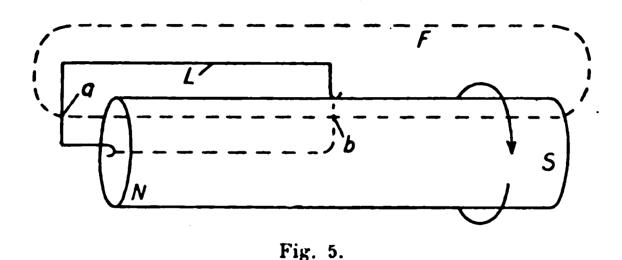


Fig. 5.

est nécessairement traversé par le circuit dans deux directions opposées en *a* et *b*; il ne se produirait donc pas d'induction; s'il s'en produit, c'est que lors d'une traversée du flux, le conducteur ne le coupe pas, tandis que le circuit le coupe. Ceci est également vrai, que le flux tourne avec l'aimant ou qu'il soit supposé immobile dans l'espace.

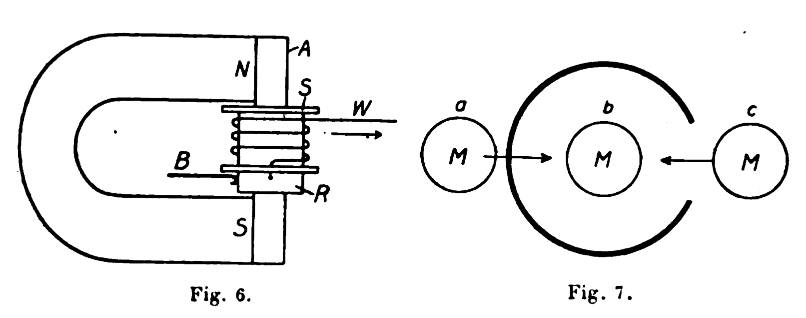


Fig. 6. Fig. 7.

La figure se rapporte à une autre expérience caractéristique qui viole la loi de Maxwell, à la grande surprise de certains savants qui l'on répétée. Si, autour d'une bobine S mobile autour de l'axe d'un noyau A, on enroule quelques spires de fil flexible, il se produira de l'induction lorsque les pôles de l'aimant seront appliqués aux deux extrémités de A, car cette opération appliquera le flux à la bobine. Si ensuite on tire le fil W tangentiellement à l'enroulement (la

bobine tournant sur son axe, le contact avec l'extrémité intérieure étant assuré au moyen de la bague de frottement R et du balai fixe B), il ne se produira pas la moindre induction malgré que le flux et le circuit se soient trouvés sans lien, tandis que le circuit restait fermé en permanence à travers l'instrument de mesure. Aucune section du conducteur n'a coupé une région quelconque du flux.

Une autre expérience, difficile à réaliser, consiste à donner au circuit la forme d'un *c* majuscule (voy. fig. 7) ; en faisant couper par le conducteur le flux engendré par un aimant M que l'on déplace de *a* en *b*, on devrait constater la production d'une différence de potentiel aux deux extrémités ouvertes du circuit ; le fait n'est pas douteux ; le flux et le circuit quasi fermé ont bien été interconnectés. Mais si l'on déplace le même flux de *c* en *b*, à travers l'ouverture du circuit, il y aurait même interconnection du flux et du circuit ; on admettra sans doute qu'il n'y aurait pas alors d'induction. Dans le premier cas, le flux a été traversé par le conducteur; il ne l'a pas été dans le second cas. On pourrait construire un générateur unipolaire d'après ce principe, si les pôles de l'aimant tournant étaient rendus annulaires et se déplaçaient de telle sorte que le flux pénètre à travers l'ouverture du circuit quasi bouclé et sorte à travers le conducteur, le circuit étant toujours fermé à travers l'ouverture par des balais appuyant sur le noyau cylindrique.

Ces expériences montrent donc ce que la loi de Maxwell ne suffit pas à expliquer, à savoir que l'induction réelle se produit exclusivement dans la partie du conducteur qui coupe effectivement le flux et non pas en général dans tout le circuit, sens qu'on a donné à la phrase de Maxwell : « une f.é.-m. se produit autour du circuit » ; le reste du circuit est un conducteur inerte en ce qui concerne les phénomènes d'induction ; c'est ce que nous avons démontré expérimentalement il y a plusieurs années (1).

(1) « The so-called « Dead wire » and Gramme Armatures ». — *Elec. and Elec. Eng.*, vol. 6, p. 171 (mai 1887).

L'effet de dilatation.

Les recherches que nous avons effectuées il y a un certain nombre d'années à propos de l'effet de cisaillement (« pinch effect »), nous ont conduit à penser qu'il existait une autre force complémentaire s'exerçant suivant l'axe du conducteur et produite par le courant dans le conducteur même, et non plus par des courants électriques ou magnétiques extérieurs. De même que l'effet de cisaillement tend à réduire la section du conducteur en le comprimant en un point déterminé, de même cette autre force tend à dilater le conducteur suivant son axe, c.-à-d. à augmenter sa longueur, un peu comme un ressort à boudin se détend après avoir été bandé, mais avec cette différence que cette force de dilatation devrait théoriquement continuer à agir indéfiniment au fur et à mesure que le conducteur cède; et en réalité, on présume qu'elle augmente même si l'effet de dilatation diminue la section transversale comme le fait est constaté parfois (voy. fig. 1), exactement comme le phénomène de cisaillement augmente lorsque ses effets, qui diminuent la section transversale, s'accentuent. Nous avons décrit en son temps l'effet de dilatation et les raisons pour lesquelles il se produit (1). Nous avons signalé certaines expériences dont les résultats n'étaient explicables que si l'on admettait l'existence d'une force de dilatation ; ces résultats étaient contraires à ce qu'ils auraient dû être d'après les anciennes théories.

La figure 8 se rapporte à l'une de ces expériences, qui n'est qu'une variante de l'expérience bien connue d'Ampère faite avec une cuve à mercure. Les lignes pointillées indiquent la méthode généralement employée. Le plus souvent on explique le déplacement de la pièce flottante B vers la droite en disant que chaque circuit tend à s'allonger; ou encore en disant que le courant dans B est de sens opposé au courant en *a* et que par suite ils se repoussent mutuellement ; pourtant, un esprit curieux ne manquera pas de se demander pourquoi alors B n'est pas attiré vers la gauche par les courants semblables en *b* et *b'*, dont il est beaucoup plus rapproché.

(1) *Journal of the Franklin Institute*, janvier 1911, p. 73.



Notre explication, c'est que chaque circuit tend à s'allonger, à se dilater, car ce mouvement augmente la quantité de flux (d'où production d'une force contre-électromotrice) proportionnellement à l'augmentation de longueur, si d'autres circuits n'existent pas au voisinage du circuit considéré, et si la dilatation ne diminue pas la section transversale (1). La seule partie qui soit libre de se développer dans le sens de la longueur est celle renfermée dans la cuve de mercure; c'est donc celle-là qui s'allonge. Comme la force contre-électro-

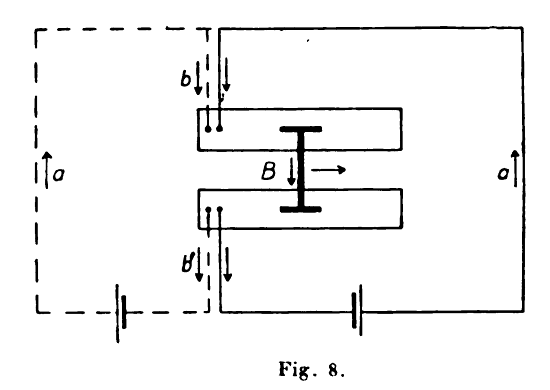


Fig. 8.

motrice engendrée est due au flux renforcé par l'accroissement de longueur, il faut attribuer le siège et l'origine de cette force à une tendance à la dilatation et non pas surtout à l'action réciproque des deux conducteurs perpendiculaires l'un à l'autre ; cette action est en réalité une force résultante secondaire.

Pour nous assurer que les explications antérieures étaient erronées, nous fîmes passer de l'autre côté le circuit de batterie (lignes pleines de la fig. 8); nous pûmes alors constater que la direction suivant laquelle B se déplaçait était bien la même que précédemment alors que, d'après les anciennes théories, le déplacement aurait

(1) L'article intitulé « Ampere-Centimeter, a measure of Electromagnetism » (*Journal of the Franklin Institute*, vol. 134, p. 69) montre que, pour un conducteur infiniment petit et non soumis à l'influence de courants ou aimants voisins, la quantité de flux qui l'entoure par ampère et par unité de longueur est constante. D'où il résulte que pour un conducteur de calibre appréciable, le flux augmente proportionnellement à la longueur s'il n'existe ni courant ni aimant au voisinage. La quantité de flux est une quantité réelle de même nature que le produit courant $\times$ longueur.

dû se faire en sens inverse. La zone embrassée par le circuit se contracte réellement et la force d'expansion est supérieure à l'attraction et à la répulsion combinées de *b* *b'* et de *a*. Dans cette expérience, les conducteurs de retour ne doivent pas se trouver trop près des cuves.

On suppose que l'effet de cisaillement et l'effet de dilatation sont de simples manifestations d'un même phénomène initial, à savoir l'action du flux entourant le conducteur et produit par le courant qui parcourt ce conducteur. Ce flux enveloppant tend à se contracter autour du conducteur (d'où la tendance au cisaillement), et les diverses lignes parallèles de ce flux agissant dans des plans perpendiculaires au conducteur tendent à se repousser mutuellement (d'où la tendance du conducteur à s'allonger). Les deux mouvements sont très prononcés lorsque la densité du courant est très grande, et, à supposer qu'ils soient deux manifestations différentes d'un même phénomène, il est difficile, quant à présent, de dire à coup sûr laquelle se produit initialement, laquelle se produit en second lieu. Nous allons voir pourquoi, à notre avis, il n'y a qu'une même cause à ces deux phénomènes et nous indiquerons les raisons de la production de l'un ou de l'autre, suivant qu'ils sont ou non physiquement possibles d'après la nature du conducteur et du milieu. Ainsi, dans un conduit fermé sur lui-même comme un anneau et immergé profondément dans un bain de métal, de telle sorte que la pression hydraulique empêche toute rupture par contraction radiale, le mouvement de dilatation (« stretch effect ») est très accentué et nettement marqué ; au contraire, dans un petit conduit ouvert à la partie supérieure et dont les parois épaisses s'opposent à la dilatation dans le sens de la longueur, l'effet de cisaillement (« pinch effect ») est plus prononcé. Mais on peut expliquer l'un quelconque des deux mouvements si l'on admet que l'autre est une force hydraulique résultante.

Jusqu'ici on n'a pas procédé à la mesure quantitative de la force de dilatation axiale, mais il est probable qu'elle est proportionnelle au carré de l'intensité et inversement proportionnelle à la section du conducteur. On peut la considérer soit comme une force (comme dans le cas du cisaillement), soit comme une pression ; elle

prend probablement sa forme la plus simple pour une section circulaire ; lorsque la section est quelconque, la formule du « pinch effect » devient très compliquée. Il faut évidemment supposer qu'il n'existe nul flux étranger en dehors de celui du conducteur même, car les flux extérieurs produisent des effets très sensibles. On admet que la force de dilatation est due à la répulsion mutuelle des « tranches » de flux du champ qui entoure le conducteur ; il est vraisemblable que le flux intérieur intervient également. Parfois, l'effet de dilatation cause une contraction de la section transversale, contraction qui se traduit finalement par une rupture au point le plus faible où la force d'expansion agit avec son maximum d'intensité ; tel est le cas notamment pour une bande circulaire de mercure posée sur une table plate. On peut même concevoir que cette force de dilatation peut devenir assez forte pour donner la forme d'un *s* majuscule à un conducteur rectiligne très flexible (une colonne de liquide, par exemple), ce qui augmente la longueur entre deux points fixes ; on sait qu'un long ressort à boudin, lorsqu'on le comprime fortement, tend à prendre une position en S si, de cette manière, il peut s'allonger.

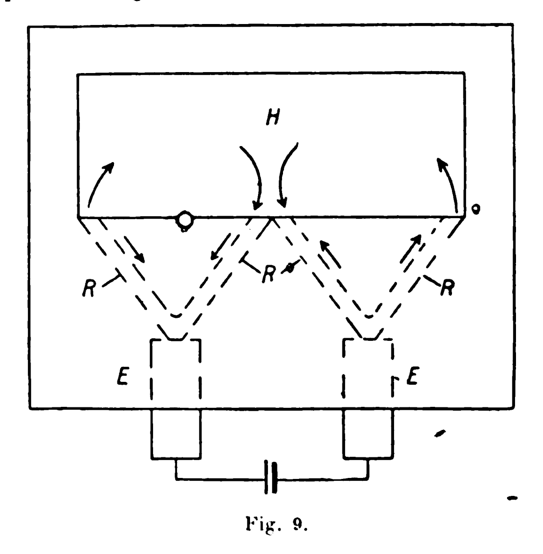


Fig. 9.

Il existe un certain nombre de physiciens qui persistent à soutenir que toutes les forces électromagnétiques agissant sur un conduc-

teur parcouru par un courant (qu'elles se produisent dans le conducteur lui-même ou bien qu'elles soient produites par des conducteurs ou des aimants voisins) doivent être, nécessairement, toujours perpendiculaires à l'axe du conducteur, d'où il s'ensuit que leur résultante ne peut jamais être orientée suivant l'axe (1). Il y a douze ans environ, nous procédions à un certain nombre de recherches en vue de déterminer lesquels de ces mouvements suivant l'axe étaient les plus prononcés ; à cette époque, certains prétendaient que les forces électromagnétiques axiales étaient inconnues et qu'elles ne pouvaient réellement exister. Les résultats que nous avons obtenus avaient besoin d'être expliqués.

L'effet de coin.

A cette époque, nous avions constaté que dans un conduit ouvert rempli de mercure et dont les parois étaient à angle droit, il se produisait une agitation très prononcée vers les coins, et cela avec un courant apparemment trop faible pour troubler le métal dans les deux portions formant le coin ; nous avions donné à ce phénomène le nom d'effet de coin (« corner effect ») et nous avions conclu qu'il était dû aux effets électromagnétiques mutuels de deux conducteurs parcourus par un courant et inclinés l'un par rapport à l'autre. Le cas fut soumis à d'autres savants, dont MMrs G. H. Clamer, et notre aide James Wyatt, de l' « Ajax Metal Cy » ; dans les laboratoires de cette compagnie, nous construisîmes en commun un four de notre invention basé sur l'action réciproque de deux conducteurs inclinés l'un par rapport à l'autre, en vue de produire un écoulement à sens unique dans les résistances du four. Les résultats justifièrent la théorie. Quelques années plus tard, certains savants donnèrent à cette force le nom de « effet de moteur » (« motor effect ») ; le choix de ce nom ne paraît pas très heureux, car toutes les diffé-

(1) Voir *Traité de Maxwell*, vol. 2, art. 505-508, et *Laws of Physical science*, p. 152, par. 3 : « Lorsqu'un fil est parcouru par un courant, aucune force magnétique extérieure ne peut agir sur le fil de façon à tendre à augmenter sa longueur. » Il est probable qu'il n'est fait ici aucune distinction entre les forces magnétiques externes et les forces magnétiques internes.



rentes forces qui produisent un mouvement peuvent être appelées ainsi ; le nom familier que nous lui avions donné tout d'abord a du moins le mérite de bien montrer de quelle force il s'agit et de la distinguer des autres.

Le schéma du four vu d'en haut (fig. 9) montre comment les choses se passent. H est le creuset renfermant le métal en fusion. Les quatre trous R, percés horizontalement près du fond, sont remplis de métal en fusion; ils constituent les résistances dans lesquelles la chaleur se produit sous l'effet du courant circulant entre les deux électrodes solides E E. On était sûr d'avance que les forces électromagnétiques mentionnées ci-dessous chasseraient rapidement dans le creuset le métal chauffé, celui-ci étant remplacé au fur et à mesure par du métal froid. Nous avions prévu que le métal s'écoulerait, dans le sens indiqué par les flèches de la figure 9, pour arriver dans le creuset; l'écoulement dans la direction des axes était fortement accentué ; les flèches voisines des résistances R indiquent les directions suivies par les courants électriques pendant une demi-onde alternative.

Forces axiales.

Certains physiciens prétendirent à nouveau qu'il ne pouvait exister que des forces perpendiculaires et ils s'efforcèrent de prouver que le mouvement axial était dû à une résultante hydraulique. Lorsque deux conducteurs parcourus par des courants semblables sont parallèles entre eux, ils s'attirent mutuellement, mais on a refusé d'admettre que lorsqu'ils sont inclinés l'un par rapport à l'autre et qu'ils sont posés de façon à pouvoir s'allonger suivant leur axe seulement, cette même force d'attraction a tendance à les allonger comme s'ils étaient des aimants.

La première explication que nous avons nous-même donnée est reproduite dans l'ouvrage bien connu et digne de confiance de Ganot, intitulé « Physics » ; on y démontre que, dans deux conducteurs sous-tension perpendiculaires l'un à l'autre, la résultante électromagnétique des forces s'exerce suivant la diagonale de l'angle de coin (fig. 10). Il en résulte nécessairement que les composantes de cette force s'exercent suivant l'axe de chacun des conducteurs ; il

s'agit donc bien là d'une force axiale. Comme il s'agit de fils, il ne saurait être question ici d'un phénomène hydraulique quelconque.

Mais la chose peut encore se démontrer directement. Revenons à l'expérience classique, signalée par Ganot et faite avec un appareil qui existe vraisemblablement dans tous les laboratoires de physique bien équipés : un conducteur vertical V (fig. 10) est monté de telle sorte qu'il ne puisse se déplacer que parallèlement à lui-même, c.-à-d. qu'il n'obéira qu'à une force appliquée perpendiculairement; le deuxième conducteur H est placé horizontalement et est fixe. Lors-

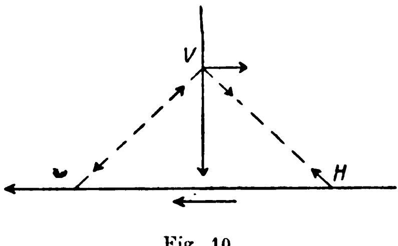


Fig. 10.

qu'on fait passer un courant dans les deux conducteurs, le conducteur vertical V se déplace parallèlement à lui-même dans le plan HV, ce qui prouve l'existence de la force perpendiculaire présumée. Cette expérience est due, croyons-nous, à Faraday.

N'est-il pas curieux que pendant presque cent ans il ne soit venu à l'idée de personne que puisque cette force était relative aux conducteurs, il s'ensuivait nécessairement que si l'appareil était inversé, c.-à-d. si l'on rendait fixe le conducteur vertical et mobile le conducteur horizontal (mobile dans le sens de son axe exclusivement), il s'allongerait comme le faisait l'autre précédemment, prouvant ainsi l'existence de cette force axiale qui, jusque-là, avait été niée obstinément par certains savants. Il ne paraît y avoir aucune raison apparente pour que cette loi fasse exception à la troisième loi de Newton. Nous avons montré à plusieurs physiciens qu'avec ce dispositif ainsi transformé, les choses se passaient dans la forme prévue.

L'expérience classique de la cuve d'Ampère (fig. 8) permet également de démontrer cette action, d'une manière en quelque sorte plus parfaite. Si l'appareil est monté de façon à ce que le fil de pont

soit fixe et que l'ensemble du reste du circuit puisse se déplacer parallèlement à l'axe de la cuve, c'est dans ce sens qu'il se déplacera conformément à la troisième loi de Newton ; ce qui prouve une fois de plus l'existence de la force axiale niée par d'aucuns. Et comme on peut remplacer le mercure par des conducteurs solides à contacts glissants, la force n'est pas une force hydraulique.

Ces expériences prouvent, comme les expériences antérieures, que ce sont les conducteurs, et non les courants ni le flux magnétique, qui subissent l'action de cette force. Dans un coin, le flux subit une distorsion qui engendre des forces, lesquelles agissent sur les conducteurs mêmes et non simplement sur le flux.

Rotation d'un conducteur autour de son axe.

Si l'on applique le principe de l'expérience inverse à celle de Northrup (en rendant fixes les organes mobiles et inversement), on verra qu'il existe une force électromagnétique inconnue intérieure qui tend à faire tourner constamment le conducteur autour de son axe. Peu nombreux sont ceux qui ont même soupçonné l'existence de cette force; il ne s'agit pas d'une force agissant perpendiculairement au conducteur et tendant à le déplacer parallèlement à lui-même. Il est dangereux de soutenir qu'il ne peut exister d'autres forces que celles connues de Maxwell. D'après Maxwell, l'effet Hall ne saurait exister et pourtant il existe.

Revenons à l'expérience de Northrup : un aimant terminé par deux pôles de même nom (l'autre pôle se trouvant au milieu) est monté de manière à pouvoir tourner, autour d'un axe vertical, dans un plan horizontal. Il est placé dans un vase cylindrique dont le diamètre est légèrement supérieur à la longueur de l'aimant. On remplit le vase d'un électrolyte très bon conducteur. Lorsqu'un courant est appliqué au vase dans le sens de la longueur, l'aimant se déplace ; il en résulte que, suivant la troisième loi de Newton, le conducteur (dans l'espèce l'électrolyte) devra tourner autour de son axe si l'aimant est fixe. Il ne s'agit pas ici d'une force hydraulique. Le phénomène est basé sur le flux magnétique engendré à l'intérieur d'un conducteur.

Nous avons démontré autrefois comment ce même dispositif pouvait servir à produire un courant continu permanent dans un électrolyte sans le secours d'électrodes, ce que certains proclamaient impossible. On y arrive en forçant l'aimant à tourner ; un courant prendra naissance à l'intérieur d'un circuit constitué par le seul électrolyte ; l'aimant peut être isolé de l'électrolyte. Il se peut que le courant ainsi engendré ne soit susceptible d'aucune application pratique.

Déplacement du flux.

On admet généralement que lorsqu'un aimant se déplace irrégulièrement dans l'espace, le flux se déplace de la même manière ; mais certains prétendent que lorsque l'aimant tourne autour de son axe, qu'il est parfaitement cylindrique et uniformément aimanté, le flux reste fixe, d'où il résulte qu'un fil fixe perpendiculaire au conducteur n'est le siège d'aucun phénomène d'induction ; c'est ainsi par exemple que dans le cas de la figure 5, il y aurait de l'induction non en *a* mais en *b*. De même, si un conducteur sous tension se déplace suivant son axe, le flux qui l'entoure ne se déplacerait pas avec lui, et il n'y aurait aucun phénomène d'induction dans un fil fixe perpendiculaire au conducteur.

Il est difficile de constater cela expérimentalement, car tout circuit fermé serait coupé une seconde fois par le même flux inversé. Toutefois, on pourrait se servir de gouttelettes de mercure pour transporter sur un condensateur les charges induites du conducteur. Dans l'expérience que nous avons faite nous-même (fig. 10), il se produisait un déplacement axial du fil H ; il est probable qu'une force contre-électromotrice était induite dans le fil vertical V ; cette force multipliée par l'intensité du courant représentait l'énergie cinétique libérée. Il semble bien que cette force contre-électromotrice était induite par le flux entourant le fil mobile H et coupait le fil vertical V. S'il en est ainsi, le flux se déplace avec le fil.

Pour analyser certains de ces phénomènes étranges, il serait bon de savoir si le flux suit ou non le conducteur dans ses déplacements. Si oui, le flux doit donc suivre un conducteur qui se déplace suivant son axe.

Conclusions générales.

Une conclusion se dégage des observations mentionnées ci-dessus, à savoir : la nécessité de reviser plusieurs lois de l'électromagnétisme ; il vaut mieux s'y résigner une bonne fois plutôt que de persister à défigurer les anciennes lois pour les rendre applicables à une série d'exceptions. Nous devons aux étudiants d'aujourd'hui et à leurs successeurs de rendre ces lois universelles pour autant que nous le pouvons vu l'état actuel de la science ; il faut qu'elles soient applicables à tous les cas futurs ; notre devoir est de les exprimer de telle façon qu'elles soient facilement comprises et interprétées, qu'on puisse se baser sur elles et surtout de façon qu'elles ne puissent pas être mal comprises. L'ingénieur qui aura à les appliquer compte sur le physicien pour les énoncer d'une manière à la fois claire et correcte.

Certains résultats, obtenus comme nous l'avons dit plus haut, prouvent qu'il est absolument nécessaire d'établir une distinction entre le conducteur et le circuit, le courant et le flux. A notre avis, une deuxième conclusion s'impose : la possibilité de formuler une loi générale embrassant tous les cas connus (anciens et nouveaux) se rapportant aux effets produits par les forces électromagnétiques sur les conducteurs. Nous croyons pouvoir nous hasarder à affirmer qu'on peut baser cette loi sur les considérations suivantes :

En mécanique, il existe un principe général qu'on énonce ainsi : Dans tout système, certains mouvements tendent à se produire qui affaiblissent l'énergie potentielle du système. Les mouvements particuliers susceptibles de se produire dépendent évidemment du degré de liberté dont jouissent les organes au point de vue mécanique. L'énergie potentielle d'un poids diminuera s'il tombe directement par terre, s'il glisse le long d'un plan incliné s'opposant à sa chute verticale, s'il se meut au bout d'un fil comme un pendule ; l'eau s'écoule des hauteurs vers la vallée en suivant un cours sinueux, en franchissant même les deux bras d'un siphon ; un corps se déplaçant rapidement vers l'est pourrait abaisser l'énergie potentielle de la terre s'il s'en éloignait subitement sous l'effet d'une force centrifuge. Bien que la pesanteur agisse exclusivement de haut en bas, les

mouvements qui peuvent réduire cette sorte d'énergie potentielle sont divers. L'énergie potentielle dissipée de cette manière se transforme en énergie cinétique et se traduit par un travail accompli par le système. Si, au cours des mouvements, la quantité d'énergie cinétique est restituée en permanence au système par une source extérieure quelconque, les mouvements se continueront sans que l'énergie potentielle diminue davantage. C'est ainsi que l'eau contenue dans un réservoir s'écoulera vers le bas pour réduire son énergie potentielle malgré qu'une pompe remplisse le réservoir au fur et à mesure, maintenant ainsi constante l'énergie potentielle du dispositif.

Cette règle générale doit s'appliquer également au cas d'un système composé d'un circuit électrique sous-tension, le courant étant considéré simplement comme la source de l'énergie potentielle. S'il en est ainsi, il s'ensuit que des mouvements quelconques des conducteurs tendront à se produire, qui contribueront à engendrer ce qu'on peut appeler, à juste titre, l'énergie potentielle du circuit; on n'est donc pas autorisé à limiter ces mouvements à une direction quelconque déterminée, pourvu seulement qu'ils soient tels qu'en se produisant ils abaissent l'énergie potentielle de l'ensemble du circuit. Un conducteur liquide obéira naturellement mieux qu'un conducteur solide à certaines de ces forces ; il s'y ajoutera parfois des forces hydrauliques secondaires, comme c'est le cas pour la figure 11. On admet que, dans un circuit électrique, tout mouvement qui transforme l'énergie potentielle en énergie cinétique doit nécessairement engendrer une force contre-électromotrice qui, multipliée par le courant (lorsqu'ils sont en phase), constitue l'énergie cinétique. D'une façon générale, il semble résulter de là que tout mouvement, qui engendre une force contre-électromotrice, se produira s'il n'en est empêché d'une manière ou d'une autre ; il ne saurait être question de continuer à faire des réserves quant à telle direction particulière. Si l'on équilibre en permanence cette force contre-électromotrice en augmentant de la même quantité la f. é.-m. directe, le même mouvement, s'il n'est contrarié par rien, se continuera sans qu'il se produise une nouvelle diminution de l'énergie potentielle du système. Tel est le cas d'un circuit relié

à un moteur ou bien d'un four électrique (1) du genre de celui représenté sur la figure 9.

Il semble qu'une loi aussi générale expliquerait et justifierait : tous les mouvements constatés, qu'ils soient perpendiculaires, inclinés ou axiaux (longitudinaux, comprenant donc les influences des conducteurs voisins et l'effet de coin), qu'ils produisent une contraction radiale (« pinch effect ») ou une dilatation longitudinale (« stretch effect ») ; et aussi un mouvement continu ne produisant en définitive aucune déformation du circuit tout en engendrant une force contre-électromotrice ; enfin, sans doute, des mouvements non observés jusqu'à ce jour.

Lorsque deux conducteurs voisins parcourus par un courant de même signe se rapprochent l'un de l'autre, quelques lignes du flux sont coupées, d'où production d'une force contre-électromotrice ; il en est de même lorsqu'ils s'éloignent l'un de l'autre sous l'effet de la répulsion. Lorsque l'effet de contraction se produit, le flux interne est coupé, d'où encore production d'une force contre-électromotrice. Lorsqu'un conducteur s'allonge, un nouveau flux s'ajoute qui entraîne la production d'une force contre-électromotrice. Lorsqu'un conducteur H (fig. 10) se déplace suivant son axe au voisinage d'un second conducteur V perpendiculaire au premier, le flux est coupé, d'où production d'une force contre-électromotrice. Il n'est pas toujours commode d'expliquer comment le flux est coupé ; il n'en est pas moins vrai que l'énergie potentielle du circuit engendre un mouvement, c.-à-d. qu'une partie de l'énergie potentielle se change en énergie cinétique ; il semble donc ici encore qu'il y ait production d'une force contre-électromotrice comme conséquence de cette transformation. Un mouvement vers une région où le flux est plus dense doit couper une partie du flux ; de même un mouvement d'éloignement. Il semble même qu'une partie puisse se déplacer sans engendrer une force contre-électromotrice dans cette partie, à

(1) Nous avons constaté que dans un four électrique à résistance, où plusieurs centaines de livres de laiton en fusion étaient déplacées continuellement et rapidement suivant l'axe des conduits, la force contre-électromotrice correspondait à une puissance de 50 kilowatts environ, soit à peu près 50 % du total.



condition que, de ce déplacement, il résulte une modification du flux telle qu'il se produise une force contre-électromotrice dans une autre partie fixe du même circuit. Ce dernier cas semble bien s'appliquer à la pièce B de la figure 8 ; ici, le siège de la force contre-électro-

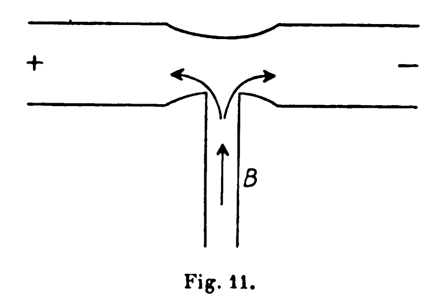


Fig. 11.

motrice doit être dans les parties allongées des cuves de mercure qui sont fixes et non dans la pièce mobile B. En général, il paraît risqué d'admettre que la seule conséquence de ces mouvements est d'abaisser l'énergie potentielle du circuit, ce qui, semble-t-il, ne peut se produire que sous l'effet d'une force contre-électromotrice engendrée dans une certaine portion du circuit.

Il est évident que les conducteurs liquides peuvent être le siège de mouvements secondaires dus à des forces hydrauliques exclusivement ; c'est ainsi que, dans un tube ou conduit avec branchement (fig. 11), tous deux situés dans un même plan horizontal, il se produira dans le branchement B un mouvement très net dû à l'effet d'aspiration produit dans le tube principal par l'effet de cisaillement ou de dilatation. Le fait que le liquide, tant qu'il est dans B, ne fait pas partie du conducteur prouve que ce mouvement est dû à des forces hydrauliques. Même dans le cas où un courant circule également dans B, il n'existe que des forces hydrauliques tant que la contraction radiale du tube principal est supérieure ou inférieure à la pression axiale dans la branche B.

Si l'on applique cette loi générale à un circuit électrique sous-tension, il existe parfois, à première vue, une contradiction apparente en ce sens que l'ensemble du circuit peut avoir une énergie potentielle, non pas plus faible, mais *plus grande* que précédemment, après que le mouvement s'est produit ; il est possible que ce soit la

raison pour laquelle on n'a pas appliqué plus tôt cette loi générale aux circuits électriques, pour expliquer les mouvements constatés. La contradiction n'est qu'apparente; nous allons le démontrer en nous basant sur une analogie mécanique. Soit A une cuve maintenue pleine au moyen d'une pompe, c.-à-d. d'une énergie cinétique. On

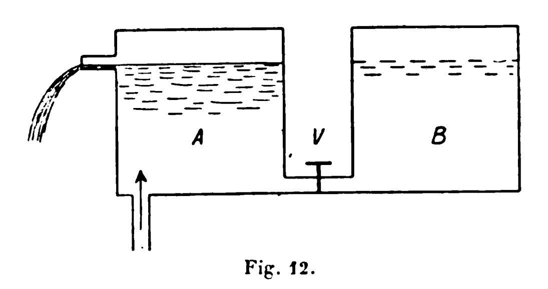


Fig. 12.

peut dire que l'eau renfermée dans la cuve a la même énergie potentielle que si elle était en équilibre statique, c.-à-d. que si l'on cessait de pomper en même temps que l'eau cesserait de couler. Il en résulte que lorsque la valve V est ouverte, c'est la tendance de l'eau à réduire son énergie potentielle qui chasse l'eau dans le deuxième récipient B. Le niveau de l'eau dans A baissera momentanément, mais si pendant ce temps la pompe continue d'envoyer de l'eau dans A, finalement l'eau atteindra dans B le même niveau que l'eau atteignait tout d'abord dans la cuve A. L'énergie potentielle des deux cuves finira par être supérieure à ce qu'elle était primitivement dans A seule et, pourtant, la cause du passage de l'eau dans la cuve B n'est pas la tendance de l'énergie potentielle de A à se réduire elle-même ; la loi générale de la mécanique n'a donc pas reçu de démenti ; c'est la pompe qui a fourni l'énergie potentielle supplémentaire de la cuve B.

De même dans un circuit électrique sous-tension, l'énergie potentielle (le flux magnétique) est entretenue cinétiquement par le courant; cependant, on peut la considérer comme la véritable énergie potentielle du circuit. Prenons le cas de la cuve d'Ampère (fig. 13) : si la pièce mobile, d'abord située en A, peut se déplacer d'elle-même vers B, il est vrai que l'énergie potentielle (sensiblement proportionnelle à la surface des boucles) aura été augmentée par

cette translation, mais ceci ne constitue pas plus une contradiction à la loi générale que l'exemple hydraulique envisagé ci-dessus. Pendant que la pièce mobile passait de A en B, l'allongement des circuits L L créait dans ceux-ci un nouveau flux qui introduisait une force contre-électromotrice ; celle-ci agissant su la f. é.-m. directe (on suppose que la source a un potentiel constant) abaissait momentanément l'intensité du courant ; par conséquent, l'énergie potentielle (le flux) est réduite d'une quantité égale à l'énergie cinétique dépensée pour déplacer A ; donc, momentanément, l'énergie potentielle initiale est affaiblie en raison de ce qu'une partie se transforme en énergie cinétique ; c'est exactement ce qui se passait dans les cuves à eau (voir analogie ci-dessus).

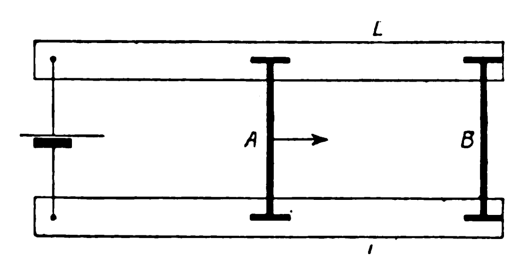


Fig. 13.

Mais, lorsque le mouvement cesse, la force contre-électromotrice cesse également, et le courant reprend son intensité primitive à condition, bien entendu, que la résistance supplémentaire due à l'accroissement de longueur de L L, soit négligeable en comparaison de la résistance du reste du circuit. Pour reprendre son intensité initiale, le courant a fourni l'énergie potentielle supplémentaire du circuit allongé, et cette énergie supplémentaire sera évidemment égale à celle qui serait nécessaire pour faire naître un courant égal dans les parties allongées L L, c.-à-d. pour équilibrer la self-inductance de ces parties ; c'est la source électrique qui fournit cette énergie et non pas l'énergie potentielle primitive. Le fait que l'énergie potentielle finale peut être plus grande que l'énergie potentielle initiale ne constitue pas plus une contradiction à la loi générale de mécanique, appliquée aux courants électriques, que dans le cas de l'analogie mécanique ci-dessus. La confusion est due à ce que,

ici comme dans l'analogie hydraulique, *la véritable énergie potentielle est entretenue cinétiquement par une source qui peut ajouter une nouvelle énergie potentielle au système.* La cause véritable du mouvement du circuit s'accorde ici encore avec la loi générale de la mécanique.

Nous ne croyons pas contestable que, dans le cas des circuits électriques, la transformation automatique de l'énergie potentielle (flux) en énergie cinétique (mouvement mécanique) soit et doive être caractérisée par la production d'une force contre-électromotrice. Il résulte de là que nous pensons que c'est d'après une loi générale qu'un circuit sous-tension tendra à produire exclusivement tels mouvements du conducteur, qui engendreront une force contre-électromotrice quelque part dans le circuit, mais pas nécessairement (comme nous l'avons vu plus haut), dans la partie mobile elle-même.

Dans l'expérience spéciale décrite par Maxwell (et sur laquelle il s'est basé pour dire d'une façon générale qu'aucune force axiale ne saurait exister), un mouvement axial n'aurait pu produire de force contre-électromotrice ; par conséquent, d'après ce que nous avons dit nous-même, la force axiale n'existait pas ; mais dans les cas d'expériences du genre de celles indiquées plus haut, où un mouvement axial peut produire une force contre-électromotrice, l'existence de la force axiale est manifeste.

Il est excessivement difficile d'analyser à fond les différentes forces qui agissent sur les fours électriques (fig. 9) et qui ont été si souvent mises en discussion, car les densités de flux sont très élevées et la chaleur très intense puisqu'elle peut aller jusqu'à volatiliser le mercure rapidement et jusqu'à fondre les conducteurs solides. De plus, les résultats peuvent être faussés sous l'effet de forces étrangères à celles qu'on se propose d'étudier. La position des conducteurs agit probablement de façon appréciable sur les résultats ; on sait que l'effet de cisaillement (« pinch effect ») est très prononcé lorsqu'il existe, au voisinage, des courants ou des substances magnétiques telles que le fer avec lequel on fabriquait les électrodes. Il se peut également que l'effet Hall (défini de plusieurs façons) devienne assez prononcé pour qu'il faille en tenir

compte. Les résultats obtenus avec des courants alternatifs peuvent parfois être différents de ceux obtenus avec des courants continus.

En ce qui concerne les forces produites par le flux magnétique, il convient de remarquer encore que la densité (ou l'intensité) distincte de la quantité de flux, peut influer sur la force résultante qui agit sur un conducteur. Dans le cas d'un conducteur liquide placé dans un conduit coudé, les forces engendrées par le flux à l'intérieur du coude où ce flux est plus dense différeront tout à fait de celles engendrées à l'extérieur où la densité est moindre. De même, lorsqu'un conduit relativement petit renfermant un conducteur liquide se décharge dans un bain volumineux de métal en fusion (comme c'est le cas pour quelques fours électriques), on peut s'attendre à constater, en ce point, des variations brusques des forces engendrées par le flux. Dans le cas d'un conducteur sous-tension plongeant verticalement dans la mer, il se produirait *autour* du conducteur des forces magnétiques très prononcées alors qu'aucune ne serait constatée *dans* la mer ou *à* sa surface ; les effets magnétiques agissent dans ce cas comme s'ils étaient dispersés.

Dans l'entrefer d'un circuit magnétique, dont le pôle inférieur était large et le pôle supérieur était en forme de pointe, nous avons constaté qu'un fragment de fer posé sur le pôle inférieur était attiré vers le pôle supérieur où le champ magnétique était plus dense.

Nous espérons que les faits et remarques ci-dessus (que les phénomènes dus à la densité des courants intenses nous ont amené à signaler) encourageront tous ceux que le sujet intéresse à poursuivre les recherches et la discussion. Dans le cas de densités considérables, des forces formidables se révèlent qui, dans des conditions ordinaires, auraient été trop faibles pour attirer même l'attention.

Liaison téléphonique interurbaine sans fil (*Proceedings of the Institute of Radio Engineers*) : décembre 1921. — Depuis l'été 1921, l'île de Santa Catalina, située approximativement à 30 milles de la côte méridionale de la Californie, est reliée au continent par téléphonie sans fil. Cette liaison, établie entre les stations de Pebbly

Beach dans l'île et Long Beach sur le continent, n'est d'ailleurs qu'une section d'un circuit complété par des lignes ordinaires reliant d'une part Long Beach et Los Angeles et d'autre part Pebbly Beach à Avalon, ville où se trouve concentrée la population de l'île, environ 1.000 habitants, et bien connue pour son climat idéal et qui attire, particulièrement pendant les mois d'été, de 10 à 15.000 visiteurs. Depuis 1902 la T. S. F. avait déjà suppléé à l'insuffisance des communications maritimes (un seul bateau quotidien). C'est au

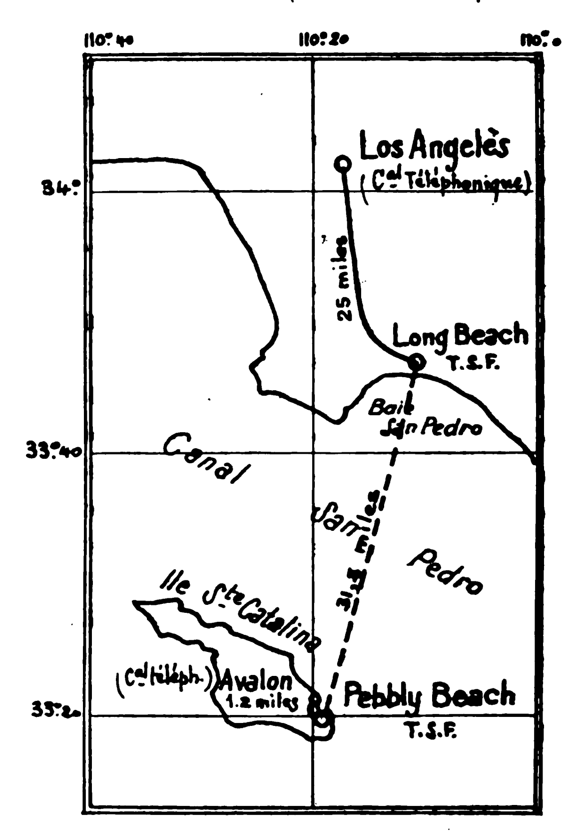
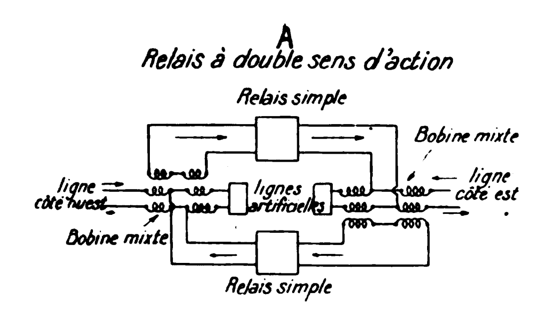
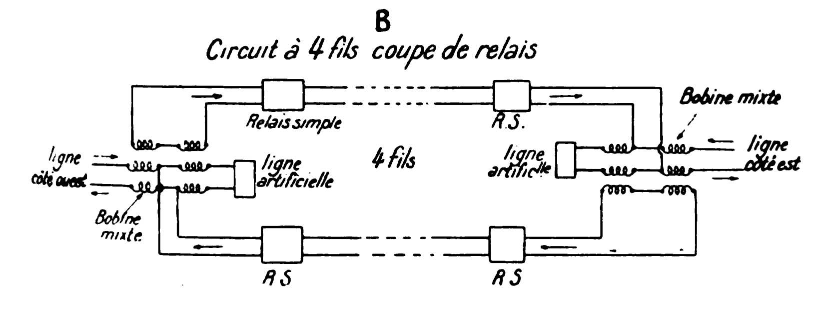


Fig. 1. — Circuit téléphonique d'Avalon à Los Angelès.

début de mai 1920 qu on estima possible l'établissement d'un service téléphonique reliant les circuits déjà posés dans l'île au centre continental de Los Angeles. L'ouvrage commencé le 10 mai fut terminé en 68 jours et le 16 juillet suivant on inaugurait le service commercial.

La communication radiophonique étant destinée à être raccordée à des circuits ordinaires devait comporter, outre le fonctionnement en duplex, toutes les commutations en usage sur les réseaux télé-





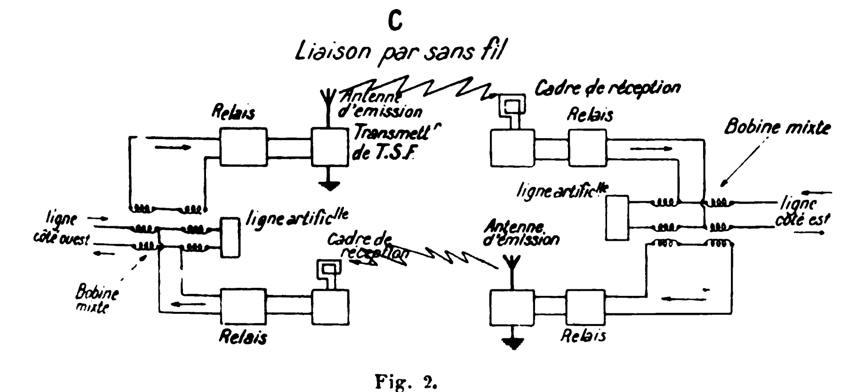


Fig. 2.

phoniques. Le duplexage fut réalisé par l'emploi de deux longueurs d'onde différentes pour les deux sens de transmission, 400 mètres à Pebbly Beach et 470 mètres à Long Beach. Le problème du rattachement de la section radioélectrique à des circuits à double fil était

analogue à celui de la liaison entre deux circuits par l'interposition d'un relais à double sens d'action (fig. 2 A). Les données acquises sur ce terrain se trouvaient directement applicables au nouveau cas.

L'appareil ordinaire de liaison entre circuits comporte un organe de répétition distinct pour chaque sens de conversation. Ces deux éléments sont montés sur un circuit à quatre fils relié lui-même aux deux circuits à deux fils par des transformateurs spéciaux souvent appelés bobines mixtes. Chacun de ces transformateurs constitue, avec la ligne qu'il reçoit et une ligne artificielle d'impédance caractéristique égale autant que possible, un pont à courant alternatif. Quand la balance n'est pas parfaite il se produit des courants de circulation entre les deux relais simples. Si la perte d'énergie dans ce circuit est moindre que le gain dû à l'amplification réalisée, l'appareil chante. Le degré de précision dans l'équilibrage fixe donc un maximum pour le degré d'amplification possible sans qu'il se produise de chant. Pratiquement il faut rester bien au-dessous de cette limite afin d'éviter la distorsion de la parole.

La figure 2 A représente le circuit à 4 fils en usage sur les longues lignes en câble et qui ne diffère du relais de la figure 1 A que par l'allongement de la connexion quadruple et la multiplication des relais simples à des distances convenables.

La figure 2 C est le schéma d'une liaison radiophonique fonctionnant en duplex et rattachée à chaque extrémité à un circuit à deux fils. La partie à quatre fils est simplement remplacée par la T. S. F. en duplex. L'amplification s'exerce non seulement dans le relais mais aussi dans l'émetteur et le récepteur radioélectrique. Pour que le fonctionnement soit exempt de chant parasite il faut que la perte totale d'énergie dans la double traversée aérienne et dans les deux bobines mixtes soit supérieure au gain réalisé dans les relais et l'équipement de T. S. F. D'ailleurs, si les lignes artificielles équilibrent assez exactement les lignes réelles il est possible d'atteindre un gain d'énergie considérable sur l'ensemble des opérations.

Disposition des circuits. — La figure 3 représente schématiquement l'ensemble de la communication mixte ainsi composée : un peu plus de 1 mille de ligne du bureau d'Avalon à Pebbly Beach, 31,5 milles d'espace sans fil 'pour atteindre Long Beach

et 25 milles de circuit métallique de cette ville à Los Angeles. Ce système complexe est desservi au double point de vue des appels et de la conversation exactement comme un circuit ordinaire qui relierait Avalon à Los Angeles. Il peut être connecté à Avalon avec un abonné quelconque, à Los Angeles avec n'importe lequel

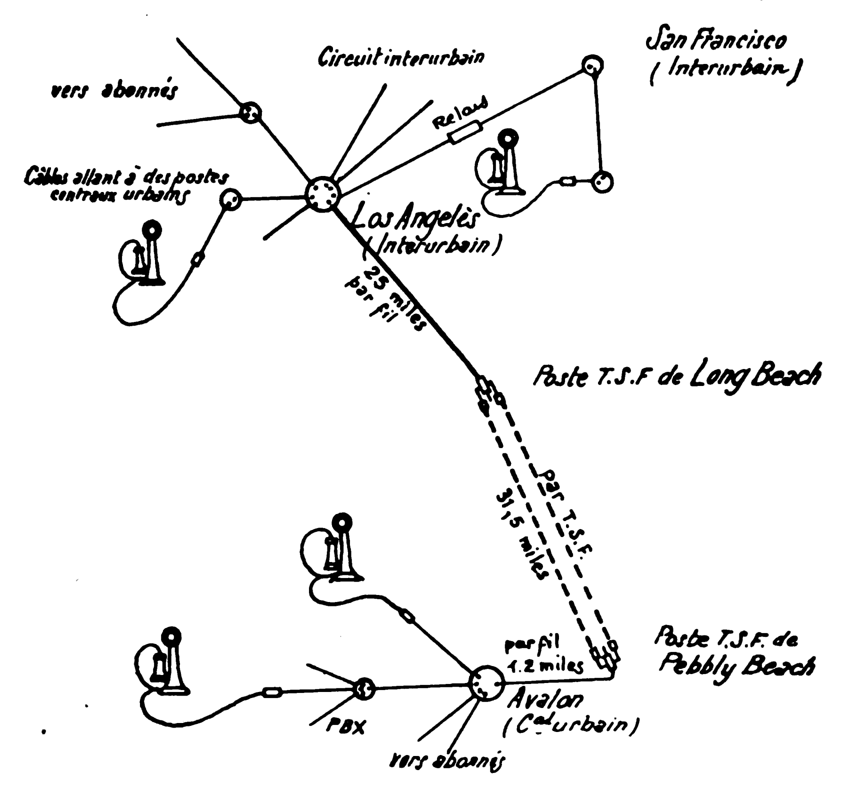


Fig. 3. — Schéma du circuit téléphonique d'Avalon à Los Angelès.

des postes centraux et aussi avec les lignes interurbaines, soit, en fin de compte, avec tout le réseau de la Compagnie Bell.

La figure 4 donne le schéma de la liaison entre fil et sans fil à la station de Long Beach. Les lignes en traits gras correspondent aux courants de conversation, celles en traits fins aux circuits d'appel. Pour simplifier on n'a conservé que les connexions essentielles.

Les courants de conversation provenant de la ligne de Los Angeles passent, par l'intermédiaire du tableau à clefs dans la bobine mixte

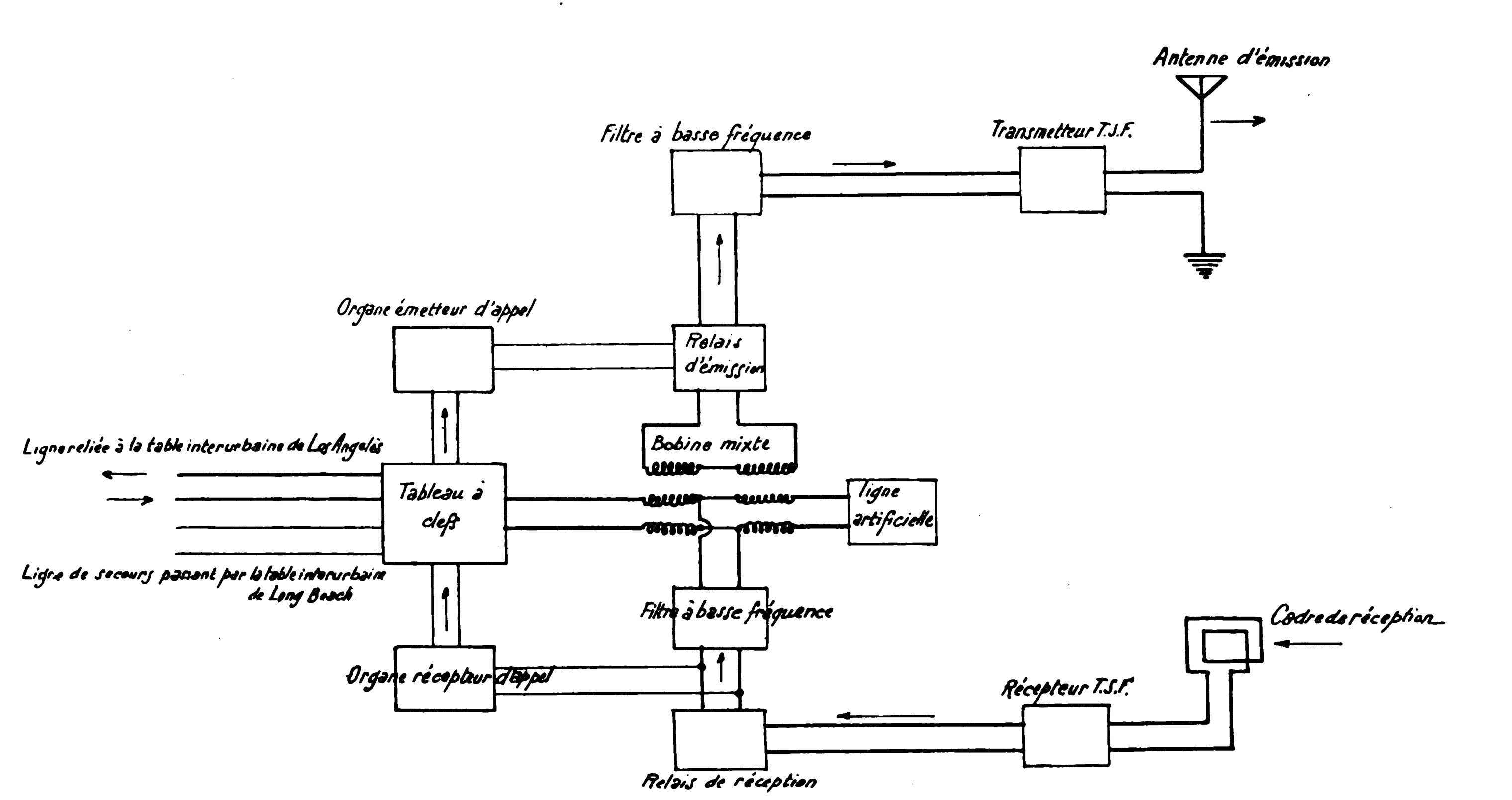


Fig. 4. — Schéma simplifié des connexions à la station de Long Beach.

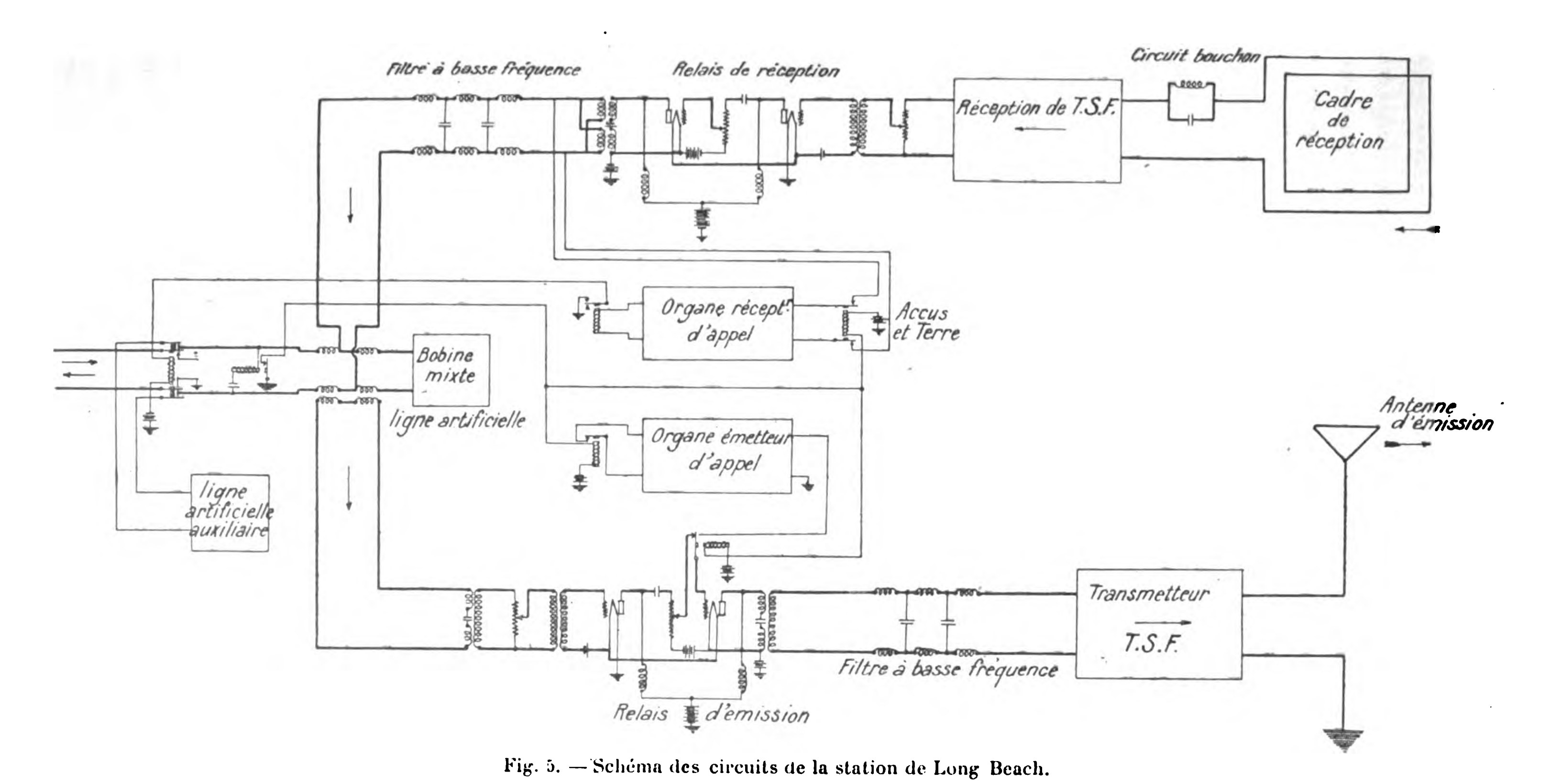


Fig. 5. — Schéma des circuits de la station de Long Beach.

et la ligne artificielle en induisant des courants de même forme dans l'enroulement d'entrée du relais transmetteur; ce dernier les amplifie et les envoie sur un filtre à basse fréquence qui laisse passer les principales fréquences de la parole, soit de 200 à 2.000 périodes, mais affaiblit beaucoup les courants de fréquence supérieure à 2.200. L'expérience a montré que cette zone de 200 à 2.000 suffit pour la reproduction pratiquement parfaite de la parole. Le filtre n'altère donc pas la qualité de la transmission; par contre il empêche les retours de courant à haute fréquence et rend d'autre part plus facile l'équilibrage de la ligne artificielle.

A la sortie du filtre les courants passent dans le transmetteur radiophonique où ils subissent d'abord une amplification nouvelle pour venir ensuite moduler les courants à haute fréquence. Le tableau à clefs fournit les moyens pratiques de faire le test, d'appeler et de changer de circuit au cas où celui qui est connecté subit un dérangement.

La figure 5 donne les détails des connexions entre la bobine mixte, les relais, les organes d'appel, le transmetteur et le récepteur radiophonique.

Le relai transmetteur emploie deux lampes; la première amplifie surtout le voltage; la deuxième peut débiter un courant relativement intense. Pour chacune de ces lampes, le voltage d'entrée est réglé au moyen d'un potentiomètre, ce qui permet d'ajuster l'amplification à une valeur convenable; on obtient pratiquement un gain de 40 milles de câble étalon. On voit aussi sur la figure 6 le détail du filtre à basse fréquence.

La réception se fait dans chacun des postes sur un cadre carré de six pieds de côté du type solénoïdal consistant en 4 ou 5 tours de fil. La figure 6 montre comment ce cadre est relié aux appareils de réception. On intercale à la sortie du cadre un circuit bouchon accordé pour étouffer les ondes provenant du poste émetteur dans le fonctionnement en duplex.

La figure 6 indique le pouvoir sélectif du système récepteur en montrant l'affaiblissement subi par les courants dont la fréquence s'écarte de celle à recevoir. Les courants à fréquence auditive recueillis finalement à la sortie du récepteur sont envoyés sur un relais, puis

sur un filtre à basse fréquence analogues aux organes déjà décrits à la transmission et parviennent enfin à la bobine mixte où ils se répartissent en parties égales dans la ligne réelle et la ligne artificielle.

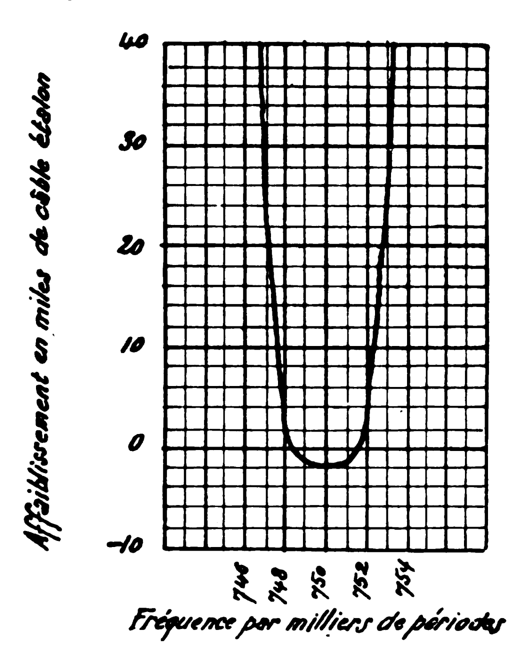


Fig. 6. — Courbe montrant le pouvoir sélectif du récepteur de T.S.F.

Un détail intéressant du récepteur consiste en la présence de relais d'alarme qui produisent un ronflement avertisseur quand le filament d'une lampe vient à se rompre.

Appareil transmetteur. — Les oscillations sont engendrées directement dans le circuit d'antenne ; la modulation des ondes transporteuses est opérée d'après le système dit du « courant constant » dans lesquelles les lampes génératrices et modulatrices sont du même type de 50 watts. Les lampes sont à filament recouvert d'oxyde ; elles présentent une usure de filament relativement faible et des caractéristiques de fonctionnement très stables. La figure 7 donne le schéma du système transmetteur. Les courants de conversation sont appliqués sur la lampe amplificatrice E par l'intermédiaire du transformateur T_1. Les courants amplifiés sont envoyés par le transformateur T_2 sur les deux lampes modulatrices fonction-

nant en parallèle. L'action de ces lampes est encore amplificatrice et les voltages obtenus sont appliqués aux circuits de plaque des 2 lampes génératrices par le moyen de l'inductance L_6 commune aux

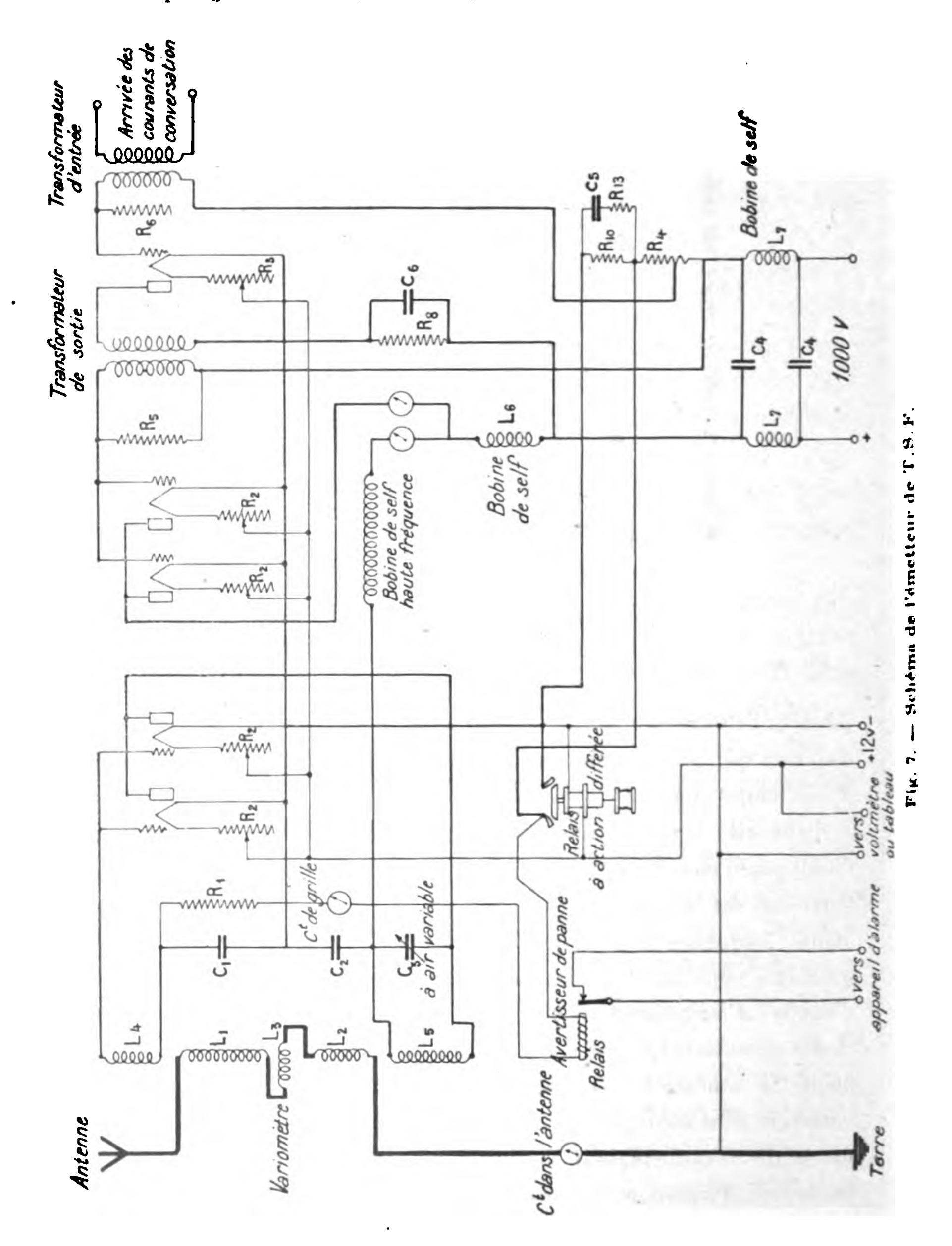


Fig. 7. — Schéma de l'émetteur de T. S. F.

circuits de plaques des 2 paires de lampes. La source de voltage pour les circuits de plaques est un groupe convertisseur formé d'un moteur à 12 volts entraînant une génératrice de 1.000 volts. Un filtre C_4 C_4 L_7 L_7 placé à la sortie de celle-ci arrête les ondulations de courant engendrées par la commutation et la denture.

Deux autres détails importants sont visibles sur la figure 7. Ils donnent le moyen de régler à la valeur convenable le voltage négatif de la grille et avertissent au cas où l'une de ces lampes cesse d'osciller. Le voltage négatif est obtenu : sur la grille de l'amplificateur d'entrée E par la chute de potentiel dans la partie supérieure de la résistance R_4, sur la grille du modulateur par celle qui se produit dans cette résistance entière qui sert de retour au courant d'espace pour toutes les lampes du transmetteur.

Un relais à action retardée, actionné par le circuit filament commande lui-même l'introduction d'un voltage négatif auxiliaire résultant de la chute de potentiel dans R_{10}. Ce dernier voltage est relativement élevé et produit l'arrêt complet des oscillations en réduisant le courant d'espace à une faible valeur. Ce dispositif assure le maintien d'un voltage négatif suffisant jusqu'à ce que les filaments soient tombés à une température assez basse pour qu'on évite une valeur excessive des courants d'espace. Si pour une raison quelconque les oscillations cessent dans le circuit d'antenne, le courant grille des lampes génératrices s'arrête aussi, et un relais intercalé sur le circuit grille actionne alors un signal d'alarme.

Système d'appel. — C'est un des points les plus importants pour l'exploitation commerciale de la liaison. On a pu non sans peine surmonter de grandes difficultés et obtenir des appels sûrs, rapides et préservés des inductions parasites. C'est d'ailleurs une adaptation spéciale du procédé primitivement imaginé pour l'appel direct sur les circuits à longue distance.

On voit sur la figure 5 la liaison pour l'appel entre les circuits téléphoniques et l'appareil de T. S. F. Le courant ordinaire d'appel de fréquence 16 amené par le fil de ligne, actionne un relais qui à son tour en commande trois autres. Ces derniers ont pour fonctions: 1° de couper l'organe récepteur d'appel ; 2° de connecter l'organe émetteur d'appel à la deuxième lampe du relais transmetteur, enfin

de mettre en action l'émetteur d'appel. Inversement, à la réception, sous l'action des impulsions d'appel incidentes le relais placé à l'entrée du récepteur d'appel coupe le courant d'appel et fait fonction-

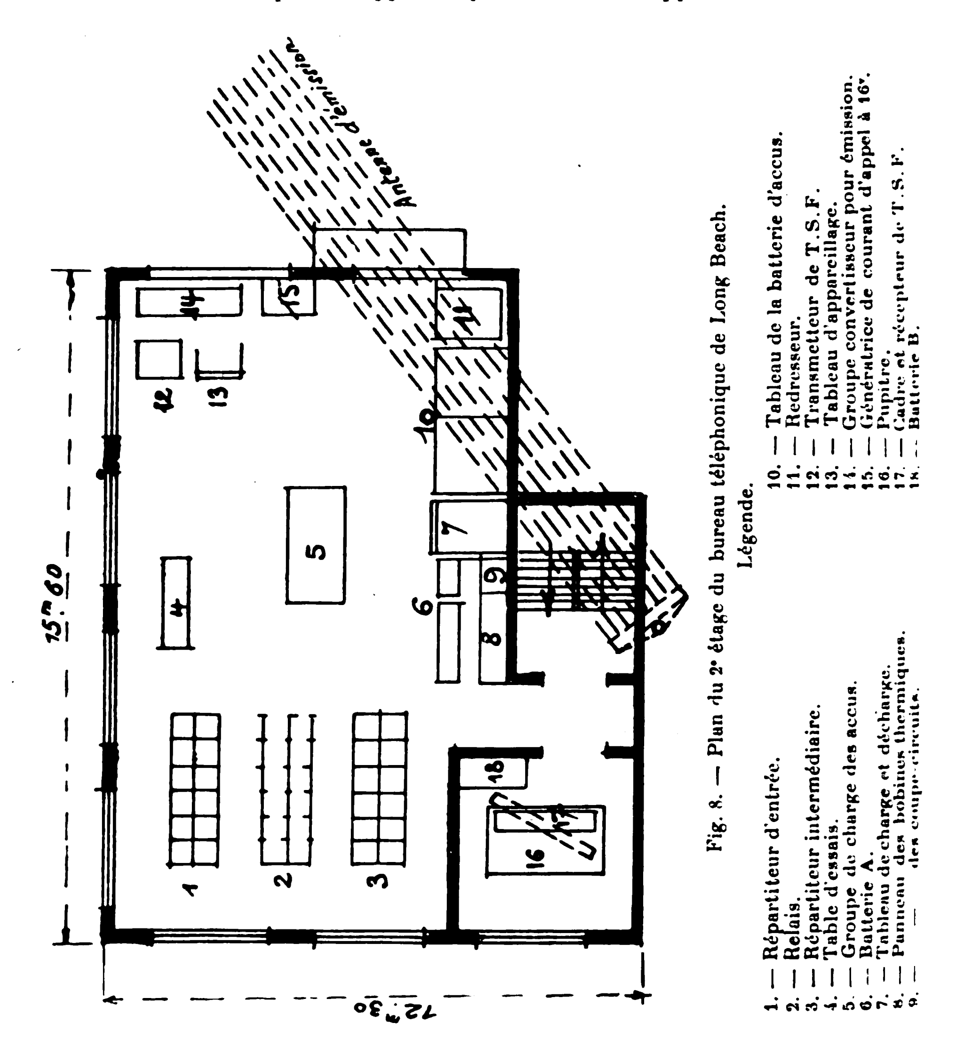


Fig. 8. — Plan du 2e étage du bureau téléphonique de Long Beach.

Légende.

1. — Répartiteur d'entrée.
2. — Relais.
3. — Répartiteur intermédiaire.
4. — Table d'essais.
5. — Groupe de charge des accus.
6. — Batterie A.
7. — Tableau de charge et décharge.
8. — Panneau des bobines thermiques.
9. — — des coupe-circuits.
10. — Tableau de la batterie d'accus.
11. — Redresseur.
12. — Transmetteur de T.S.F.
13. — Tableau d'appareillage.
14. — Groupe convertisseur pour émission.
15. — Génératrice de courant d'appel à 16v.
16. — Pupitre.
17. — Cadre et récepteur de T.S.F.
18. — Batterie B.

ner un autre relais qui sépare la ligne de la bobine mixte et la renvoie sur une machine d'appel de fréquence 16 ; le même relais substitue sur la bobine mixte à la ligne réelle une ligne artificielle équivalente en vue de maintenir l'équilibre du pont et d'empêcher le relais de chanter pendant la durée de l'appel. Grâce à ce dispositif

il suffit que l'opérateur d'Avalon agisse sur la clef d'appel ordinaire pour que la lampe d'appel s'allume à Los Angeles.

Aménagement des stations. — A la station de Long Beach toute l'installation est logée dans un seul bâtiment (fig. 8). On a placé respectivement dans les deux angles opposés de celui-ci les ensembles émetteur et récepteur qui se trouvent ainsi éloignés d'environ 60 pieds.

A Pebbly Beach deux locaux séparés d'environ 100 pieds et situés sur une perpendiculaire à l'antenne logent l'un l'émetteur, l'autre le récepteur. Tout le câblage entre les deux bâtiments est souterrain. La ligne d'énergie à 2.200 volts, qui alimente la station, s'arrête elle-même à 300 pieds du poste pour arriver en souterrain dans les locaux de celui-ci.

INFORMATIONS ET VARIÉTÉS.

Service des télégrammes téléphonés. — Le service des télégrammes téléphonés à Paris, qui donnait lieu à de très nombreuses réclamations, dues principalement aux non-réponses ou aux longues attentes qui se produisaient à certaines heures de la journée, a été réorganisé sur de nouvelles bases qui permettent de remédier aux inconvénients cités ci-dessus.

La nouvelle méthode d'exploitation est calquée sur celle qui est en vigueur dans le service téléphonique interurbain, à savoir : 1° inscription immédiate de la demande de l'abonné sur une fiche ; 2° rappel de l'abonné lorsque son tour est arrivé.

L'organisation réalisée est la suivante :

1° Trente lignes aboutissent d'une part à un groupe A de Ségur et sont réparties d'autre part deux à deux sur quinze positions d'opératrices du bureau des télégrammes téléphonés ; elles servent pour appeler les abonnés, soit pour leur transmettre un télégramme d'arrivée, soit pour recevoir d'eux un télégramme de départ ; on a mis deux lignes par position, de manière à permettre à l'opératrice de pouvoir demander une nouvelle communication tout de suite, sans être obligée d'attendre la libération de la ligne qu'elle vient de quitter ;

2° Dix lignes, multiplées sur trois positions d'annotatrices équipées avec signaux lumineux, sont rattachées et multiplées sur les groupes B de Fleurus.

Fonctionnement. — Les appels des abonnés de tous les centraux téléphoniques sont aiguillés sur les opératrices d'arrivée de Fleurus et dirigés sur les lignes d'annotatrices du bureau des télégrammes téléphonés. Là, une annotatrice prend note du numéro de l'abonné, le prie de raccrocher son appareil et l'informe qu'on va le rappeler pour prendre son télégramme ; le délai probable d'attente, qui, au début, n'était donné qu'aux heures d'affluence, est maintenant

indiqué dans tous les cas. La note établie par l'annotatrice est timbrée au moyen d'un timbre horaire électrique (en relation avec la pendule du bureau) et remise à une opératrice disponible. Celle-ci demande immédiatement l'abonné à Ségur par l'une des deux lignes dont elle dispose, et, dès qu'elle l'obtient, le prie de dicter son télégramme.

Deux annotatrices suffisent à prendre toutes les demandes, même aux heures chargées, l'opération ne demandant que de 10 à 15 secondes.

Avantages. — Les abonnés reçoivent une réponse immédiate et sont fixés sur la durée de l'attente qu'ils devront subir.

Le contrôle du numéro du demandeur est effectué ipso-facto par le rappel subséquent.

Les lignes d'appel, malgré leur petit nombre, présentent toujours des disponibilités en raison de la brièveté du temps d'occupation.

Il n'y a plus de difficultés entre abonnés et leurs centraux téléphoniques du fait de non-réponse du bureau des télégrammes téléphonés.

Les abonnés sont servis à leur tour, d'après l'heure portée sur la note d'appel.

Inconvénients. — 1° Un délai est toujours imposé à l'abonné avant qu'il puisse dicter sa correspondance. Ce délai varie de 2 à 15 minutes en général ; ce n'est qu'accidentellement qu'il est supérieur à un quart d'heure.

Proportion, pour cent, des délais :

49,7 °/₀ de 2 à 5 minutes,
27,4 °/₀ de 5 à 10 minutes,
13,3 °/₀ de 10 à 15 minutes,
8,2 °/₀ de 15 à 30 minutes,
1,4 °/₀ au-dessus de 30 minutes.

2° C'est le service qui supporte les délais de réponse que l'abonné subissait avec l'ancien système. En effet, il arrive souvent, quand on rappelle l'abonné, qu'il ne réponde pas immédiatement ou qu'il soit occupé ailleurs. Il en résulte une diminution du rendement des opératrices (15 télégrammes à l'heure, au lieu de 21 dans l'ancien système).

3° Certains abonnés ne possèdent que des lignes spécialisées et ne peuvent être rappelés.

Perfectionnement. — Pour remédier à ce dernier inconvénient et aussi afin de servir à part les abonnés qui ont un trafic téléphonique très actif et sont souvent signalés comme « occupés », deux lignes mixtes ont été amenées sur deux positions d'opératrices placées à côté des annotatrices. Dès qu'un abonné des deux catégories ci-dessus visées appelle, l'annotatrice établit la note habituelle, mais elle lui dit de rappeler immédiatement sur une ligne mixte disponible, ce qu'elle peut voir de sa place, et en donne le numéro. L'opératrice de ligne mixte ne prend la communication de l'abonné que si elle a reçu au préalable la note de sa collègue des annotations. Cette dernière précaution a pour but d'éviter que les abonnés n'appellent *motu proprio* par les lignes mixtes, ce qui amènerait un encombrement analogue à celui qui se produisait, plus en grand, avec l'ancien procédé.

Enfin, pour supprimer le délai d'attente, au moins aux heures où la baisse du trafic le permet, les dix lignes d'annotatrices vont être multiplées sur cinq positions d'opératrices de la même table. Le service s'exécutera alors de la façon suivante : cinq opératrices et une annotatrice prendront immédiatement les télégrammes des abonnés, la deuxième annotatrice restant en observation ; dès que cette dernière constatera qu'un appel séjourne 2 minutes sans être recueilli, elle interviendra, prendra note du numéro de l'abonné, le priera de rappeler, et passera la note à une opératrice disponible de l'autre table. Le procédé ainsi réalisé est un moyen terme entre l'ancien et le nouveau système, et la disposition prise permet la substitution immédiate ou progressive de l'un à l'autre de ces systèmes suivant les circonstances.

Il paraît judicieux de ne prendre que six lignes sur dix pour la réception des télégrammes, afin de recevoir les appels éventuels et d'éviter qu'à un moment donné toutes les lignes ne soient occupées simultanément, ce qui obligerait à donner à l'abonné le signal « pas libre » et ferait renaître un des inconvénients de l'ancien procédé.

Pendant le fonctionnement du système mixte, les télégrammes pour les abonnés leur seront transmis par les opératrices d'une

deuxième table, momentanément spécialisées ainsi en partie à la transmission, l'autre partie prenant éventuellement les communications ayant donné lieu à l'intervention de l'annotatrice.

Le rendement du personnel s'améliorera certainement à mesure que les abonnés s'habitueront aux nouvelles méthodes, et d'ailleurs le perfectionnement apporté va y contribuer dans une notable proportion.

Pilotage des navires et des aéronefs par induction. — *Le câble Loth.* — Le câble Loth a été imaginé pour permettre à un navire de franchir un chenal sans pilote à bord (1). C'est un câble immergé dans l'axe du chenal et parcouru par du courant alternatif à fréquence musicale. Le navire est muni d'un cadre récepteur du type de ceux employés en T.S.F. et le câble Loth produit des phénomènes d'induction dans ce cadre. Tant que le navire est à l'aplomb du câble l'induction est intense ; si le navire sort de sa route l'induction s'affaiblit et pour retrouver l'induction maxima le navire vire et retrouve sa route en même temps.

On a aussi cherché à guider les aéronefs, déjà situés sur la route de leur aréodrome, par un câble Loth au voisinage du terrain d'atterrissage. Ceci est très précieux en temps de brume. Sur le parcours du câble Loth l'aéronef se dirige comme un navire dans un chenal. Sur le terrain d'atterrissage même on fait parcourir des cadres verticaux de grande dimension par des courants alternatifs de nature spéciale et les courants d'induction entendus dans le cadre de l'aéronef lui permettent de se rendre compte s'il est à droite ou à gauche du cadre émetteur. On guide ainsi l'avion jusqu'à la dernière minute.

Machine à affranchir et à oblitérer. — L'office postal américain loue aux banques, aux maisons importantes une machine qui affranchit et ferme les enveloppes. En outre — et ceci est intéressant

(1) Un autre procédé utile pour des fins de pilotage des navires, la « télégraphie par l'air » a déjà été décrit dans les *Annales des P. T. T.* (année 1919, pages 484 et 485).



pour la poste — la machine oblitère les timbres, ce qui évite de faire passer les lettres dans une deuxième machine à oblitérer au bureau de poste.

La machine, qui est d'invention récente, a donné toute satisfaction aux essais ; la clientèle l'apprécie car elle économise à la fois du temps et de la main-d'œuvre. D'autre part, elle permet au gouvernement de réaliser des économies de fabrication des figurines.

La machine est prêtée au client qui paye pour un certain nombre de timbres ; un employé de l'administration règle le mécanisme de façon à ce que ce nombre ne soit pas dépassé. La machine est ensuite remontée et le client peut s'en servir. Lorsque le timbrage est terminé, la machine s'arrête automatiquement ; il est impossible de la faire fonctionner de nouveau avant que l'employé de l'administration l'ait remise en état de marche.

Développement en Italie des services téléphoniques et télégraphiques. — Câbles sous-marins. — Ces jours-ci ont été enregistrés par la Cour des Comptes d'Italie les décrets relatifs aux contrats déjà approuvés par les corps consultatifs pour des installations téléphoniques urbaines et interurbaines et pour la pose des câbles télégraphiques sous-marins.

Pour Naples, un contrat a été enregistré pour l'installation d'une centrale téléphonique automatique de 2.500 numéros dans les locaux déjà prêts au quartier Amedeo. Les canalisations et les câbles sont déjà prêts et, suivant les termes du contrat, le service téléphonique de cette zone sera complètement automatique dans un an.

Pour Rome, un contrat prévoit l'agrandissement de deux centrales automatiques existantes, celle de Prati et celle de Salaria, en portant de 2.000 à 4.000 la capacité de celles-ci. Les travaux de canalisation pour les lignes destinées aux abonnés sont en cours et les nouveaux numéros fonctionneront dans un an.

Par le même contrat, on prévoit l'installation d'une nouvelle centrale automatique à Gênes, place Pellicceria, d'une capacité de 4.500 numéros qui sera en service dans deux ans.

En plus de l'agrandissement des centrales de Rome, Prati et Sala-

ria et en vue d'améliorer le service téléphonique de la capitale, un contrat, en cours d'enregistrement, a été stipulé pour l'installation d'une centrale automatique de 6.000 numéros, dans la zone Viminale qui sera installée dans le palais du Ministère de l'Intérieur.

Dans le but d'assurer un service téléphonique interurbain entre Turin-Milan-Gênes, un contrat a été stipulé pour la fourniture et la pose d'un câble souterrain reliant lesdites villes. Il s'agit d'environ 290 kilomètres de câble qui comptera de 72 à 100 paires de conducteurs et constituera la première maille du réseau téléphonique national souterrain par câbles. Le travail devrait être terminé pour 1924.

Quant au service télégraphique, pour améliorer les communications entre la capitale et la Sicile, un contrat a été signé pour la pose des câbles télégraphiques sous-marins entre Fiumicino et Messine, Catania et Syracuse. Ces deux derniers câbles seront achevés dans trois mois et le premier dans six mois. La correspondance télégraphique entre Rome et la Sicile est ainsi assurée pendant l'hiver alors que les communications terrestres sont interrompues par suite des tempêtes qui ont lieu sur la côte Calabraise.

Le même contrat prévoit la pose d'un câble entre Ravenne et Trieste et d'un autre entre Gênes et Nice ; ce dernier assurera la continuité des communications avec la France même pendant les périodes d'interruptions des lignes aériennes le long des vallées alpines. Ces câbles seront prêts dans sept mois.

Un nouveau phénomène électrique. — Dans une lettre au journal *Nature*, le professeur Elihu Thomson a annoncé la découverte d'un nouvel effet magnéto-optique. Son fils, M. Malcolm Thomson, employait une résistance à souder qui appliquait le courant d'une façon intermittente, lorsqu'un des opérateurs, M. Davis, attira son attention sur une illumination particulière et intermittente de l'espace près du soudeur, lorsqu'on faisait passer et qu'on interrompait le courant.

Le professeur Elihu Thomson examina l'effet lumineux avec un Nicol et trouva que la lumière était polarisée. Des recherches ulté-

rieures montrèrent que l'effet dépendait de la présence de particules finement divisées des arcs en fer employés pour souder, associées à une fumée d'un gris jaunâtre s'élevant de l'arc. La polarisation était complète avec cette fumée, quoique le champ magnétique fut fortement incurvé.

Une quantité infinie de matière rend l'air d'une grande salle capable de montrer cet effet, les particules étant extrêmement ténues, restant en suspension dans l'air pendant un long temps et étant rapidement diffusées à travers l'espace.

L'examen microscopique des fumées a fait supposer que les particules très petites dont il vient d'être parlé étaient souvent réunies ensemble, comme des chaînes minuscules.

TRIBUNE DES ABONNÉS

Cette Tribune est une rubrique de renseignements mutuels ouverte aux abonnés des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones. *La Commission des* Annales *n'est pas responsable des réponses fournies. Les lecteurs sont priés de limiter strictement leurs questions au domaine de la pratique télégraphique, téléphonique et postale. Les communications doivent être adressées à M. l'Inspecteur général, Président de la Commission des* Annales, *20, rue Las Cases, Paris* (*VII*e).

Question 1. — Comment peut-on faire disparaître l'aimantation qui subsiste parfois dans les noyaux des électro-aimants Morse ou parleurs, et qui rend très difficile le réglage de l'armature et de ses butoirs ?

Réponse. — Le moyen le plus simple consiste à intervertir l'entrée et la sortie de l'électro-aimant, c'est-à-dire à mettre le fil de ligne à la borne T et le fil de terre à la borne L. Le même courant, reçu du correspondant, développe ainsi des polarités inverses de celles qu'il produisait précédemment, et qui annulent les polarités rémanentes. Il est vrai que, comme le défaut provient de l'impureté du fer, les noyaux au bout d'un nombre de mois plus ou moins long, seront polarisés de nouveau : on en sera quitte pour rétablir les communications dans l'ordre primitif.

*
* *

Question 2. — Pourquoi fait-on usage dans les récepteurs téléphoniques français de deux petites bagues de serrage en laiton pour maintenir la membrane vibrante ?

Réponse. — L'emploi de rondelles de laiton pour interposer entre la membrane des récepteurs téléphoniques et les portées de celle-ci est critiquable parce que l'épaisseur de l'entrefer est altérée par les rondelles et que l'expérience a montré que les récepteurs ainsi construits sont sujets à des changements d'entrefer à chaque démontage.

D'autre part, si l'on veut supprimer les rondelles de serrage, il est nécessaire, pour que le serrage reste bon, que les portées du plan supérieur du boîtier et du dedans du couvercle soient toutes deux dressées au tour. Il y a déjà quelques constructeurs français qui ont adopté ce procédé.

*
* *

Question 3. — Pourquoi l'appareil Hughes part-il fréquemment du Z sur les lignes souterraines ?

Réponse. — En dehors des causes mécaniques, possibles sur les lignes souterraines comme sur les autres, le départ du Z est imputable à la grande capacité de ce genre de conducteur : la première émission trouve la ligne d'autant plus déchargée que l'intervalle est plus grand depuis la cessation de la transmission ; elle met un certain temps avant d'acquérir, à l'arrivée, l'intensité requise pour le fonctionnement de l'électro-aimant ; elle fait partir l'apparèil du *blanc des lettres.* La seconde, grâce à la charge résiduelle laissée par la première, atteint plus tôt cette intensité nécessaire et, si l'avance dépasse la valeur que représente 1/56 de la roue correctrice, la came de correction s'engage dans le creux précédent et retarde la roue au lieu de l'avancer. Le seul remède est de demander au correspondant de commencer sa transmission par plusieurs blancs successifs, afin d'avoir le temps de rappeler de nouveau au blanc, dès qu'on aperçoit un Z. La correspondance s'établit alors normalement.

*
* *

Question 4. — Quel rendement en énergie peut-on obtenir dans un bon transformateur téléphonique ?

Réponse. — Les transformateurs téléphoniques sont beaucoup plus difficiles à construire que les transformateurs industriels, parce que, la fréquence des courants téléphoniques étant une vingtaine de fois plus grande que celle des courants industriels, les pertes par courants de Foucault et par hystérésis ont une tendance à être plus élevées.

Avec des matériaux de choix et avec des circuits magnétiques finement divisés, on peut cependant atteindre des rendements en énergie de l'ordre de 85 %.

*
* *

Question 5. — Existe-t-il un modèle d'outil portatif pour le remontage des fiches? Ce remontage présente des difficultés sérieuses quand il faut l'effectuer sur place sans disposer d'aucun matériel adapté à cette fin.

Réponse. — Le Service des Ateliers des Postes et Télégraphes vient précisément de créer un outil portatif pour le remontage des fiches. Cet outil pèse 170 grammes et facilitera le travail des monteurs à domicile.

*
* *

Question 6. — Les annonciateurs de fin qui restent en dérivation sur les circuits téléphoniques ne peuvent-ils pas nuire à la qualité des conversations?

Réponse. — Une dérivation sur un circuit téléphonique n'introduit pas forcément un affaiblissement de l'audition. Si cette dérivation possède une self-induction convenable, il peut se faire qu'elle améliore au contraire l'audition.

En fait, le type administratif d'annonciateur de fin de conversation supposé mis en dérivation tous les cinquante kilomètres sur un circuit téléphonique aérien de grande longueur, produirait plutôt une légère amélioration de l'audition sur ce circuit.

*
* *

Question 7. — Éprouvant des difficultés pour me procurer la potasse nécessaire à la composition de l'électrolyte nécessaire à l'entretien des accumulateurs au ferro-nickel en ma possession (type Edison), les droguistes exigeant que je leur indique de quel type de potasse il s'agit, j'ai l'honneur de demander la qualité de la potasse à commander et si possible la maison qui pourrait me fournir.

Réponse. — L'électrolyte est habituellement fourni par les soins du marchand d'accumulateurs alcalins; il consiste en une solution de potasse caustique additionnée d'une faible quantité de lithine.

BIBLIOGRAPHIE

A. — Bibliothèque des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones.

Construction des lignes aériennes, cours professé à l'École supérieure, par M. E. Picault, ingénieur des Postes et Télégraphes (1922). (Librairie de l'Enseignement technique, 3 *bis*, rue Thénard, Paris Ve), 1 vol. de 308 pages. Prix : 12 francs.

TABLE DES MATIÈRES

Chapitre IV. — Les méthodes réglementaires de travail.
Chapitre V. — Travaux sur lignes existantes.

Livre V. — Lois et règlements administratifs relatifs à la construction des lignes.

Chapitre Ier. — La loi de 1885.
Chapitre II. — La prévention des accidents du travail.
Appendice.
Matériel nécessaire à la constitution des divers appuis.
Outillage.

B. — Ouvrages divers.

Les Electro-aimants et les Bobines d'induction, par H. de Graffigny, ingénieur civil, directeur de l'Institut Electrotechnique de l'École du Génie civil, 1 vol. in-18 de 200 pages, avec 116 figures. (Librairie Desforges, 29, quai des Grands-Augustins, Paris-6e). Prix : 6 francs.

Le Principe de Relativité et la Théorie de la gravitation, leçons professées en 1921 à l'École Polytechnique et au Muséum National d'Histoire naturelle par M. Jean Becquerel, Professeur au Muséum d'Histoire naturelle, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées. Paris, Gauthier-Villars et Cie, éditeurs, 55, quai des Grands-Augustins, Paris VIe : 1 vol. in-8 de 342 pages avec 21 figures. Prix : 25 francs.

Introduction à la théorie d'Einstein, par le général Vouillemin, ancien élève de l'École Polytechnique. — (Albin Michel, éditeur, 22, rue Huyghens, Paris XIVe, 1 vol. 235 pages, prix 7,50). — Cet ouvrage expose la théorie de la Relativité à l'usage du grand public et sans mathématiques.

Les chemins de fer français et la guerre, par le colonel Le Hénaff et le capitaine H. Bornecque. Préface du général Gassouin. Paris, librairie Chapelot, 1922. 1 vol. in-8° de xvi-276 pages, avec 23 croquis, une carte hors texte, et planches hors texte.



On trouvera dans ce volume, non seulement l'exposé de l'organisation du service militaire des chemins de fer français, mais une étude chronologique détaillée du rôle de ce service à chacune des nombreuses phases de la guerre de 1914-1918. Il est complété par des notions sur les transports anglais et américains.

Cours de technologie. Travail des métaux à froid. Méthode scientifique du travail. Leçons professées à l'école d'application d'artillerie navale, par L. Painvin, ingénieur principal d'artillerie navale. Paris, librairie Chapelot. 1 vol in-8° de x-472 pages, avec 331 figures. Prix : 20 francs.

Il s'agit dans cet ouvrage, de l'étude des méthodes de production dans les ateliers de construction qui exécutent des travaux mécaniques sur métaux. Cette étude comporte d'une part celle des outils et des machines-outils, et d'autre part celle de l'organisation du travail.

Eléments d'Electricité, par Ch. Fabry, professeur à la Sorbonne. Un volume in-16, de 208 pages, 70 figures (librairie Armand Colin, 103, boulevard Saint-Michel, Paris), broché : 5 fr., relié : 6 fr.

Ce livre, fruit de longues années d'enseignement, s'adresse surtout à ceux qui étudient l'Électricité en vue de ses applications. Tout détail inutile, tout appareil vieilli sont laissés de côté. Les grands faits, en somme assez peu nombreux, sont mis en lumière et rattachés aux notions usuelles de mécanique, dont tout le monde a le sens intuitif.

Ainsi présentée, la science de l'Électricité n'apparaît plus comme une chose mystérieuse et inaccessible, mais comme un prolongement naturel des notions que tout le monde possède.

Statique et Dynamique (Tome II), par H. Beghin, professeur à l'École navale. Un volume in-16 avec figures (Librairie Armand Colin, 103, boulevard Saint-Michel, Paris), broché : 5 fr., relié : 6 fr.

La plupart des ouvrages de mécanique français sont consacrés, soit à une étude théorique des principes et des équations de la mécanique, soit à un exposé purement pratique des effets de forces.

L'ouvrage de M. Beghin a concilié les deux points de vue. Accessible à tous ceux qui ont abordé les éléments des mathématiques supérieures, il s'adresse aussi bien aux étudiants qu'aux ingénieurs.

Un très grand nombre d'exercices, choisis avec le plus grand soin parmi les machines et les appareils usuels, permet au lecteur d'apprendre à manier lui-même les théories de la mécanique.

Rayonnement (*Principes scientifiques de l'éclairage*), par A. Blanc, professeur à la Faculté des Sciences de Caen. Un volume in-16 (Librairie Armand Colin, 103, boulevard Saint-Michel, Paris), broché : 5 fr., relié : 6 fr.

Il y a des principes scientifiques qu'il est indispensable de connaître si l'on veut obtenir, avec une matière éclairante donnée, le maximum d'éclairement tout en réalisant le maximum d'économie. Ce sont des principes que M. A. Blanc pose et expose dans son livre, avec une clarté parfaite et sans excès de formules mathématiques.

Cet ouvrage passe en revue tous les appareils d'éclairage, les étudie, les dissèque, les compare les uns aux autres, tant au point de vue du pouvoir éclairant qu'à celui de la dépense.

Théorie cinétique des gaz, par Eugène Bloch, professeur au lycée Saint-Louis. Un volume in-16 (Librairie Armand Colin, 103, boulevard Saint-Michel, Paris), broché : 5 fr., relié : 6 fr.

Ce livre vient combler une lacune dans l'enseignement de la physique en France : c'est en effet le premier exposé systématique de la *Théorie cinétique des gaz* écrit dans notre langue, et si on ne peut le considérer que comme une introduction à une étude plus complète, il a du moins le mérite de poser tous les principes avec clarté et d'être intelligible pour les personnes dont la culture mathématique est modeste.

L'originalité de ce petit livre réside surtout dans le soin que l'auteur a apporté à ne négliger aucune vérification expérimentale de la théorie et à donner de ces vérifications un exposé qui tient compte des travaux les plus modernes.

Cinématique et Mécanismes, par R. Bricard, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers. Un volume in-16, avec figures (Librairie Armand Colin, 103, boulevard Saint-Michel, Paris), broché : 5 fr., relié : 6 fr.

L'ouvrage de M. Bricard est une initiation, en deux cent pages, à l'étude de la cinématique et des mécanismes. L'exposé, d'une grande clarté et d'une simplicité remarquable, est accessible à tous ceux qui connaissent les premiers éléments de la géométrie et du calcul algébrique. La moitié du livre est consacrée à l'étude des mécanismes : engrenages, cames, excentriques, systèmes articulés, faite à un point de vue très concret.

Le Gérant,

Léon EYROLLES.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS.

11e ANNÉE. — N° 5. SEPTEMBRE-OCTOBRE 1922. PRIX : 4 fr. 50.

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE PUBLIÉ PAR LES SOINS
D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.

PARAISSANT TOUS LES 2 MOIS.



LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE.
3 RUE THÉNARD, PARIS, Ve.

Prix de l'abonnement annuel : France :........ 24 francs ; Étranger :....... 27 francs.

COMMISSION DES ANNALES

DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

AVIS.

Les manuscrits adressés aux *Annales* sont soumis à l'examen d'une Commission dite *Commission des Annales des Postes et Télégraphes.*

Cette Commission se réunit à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, 20, rue Las Cases, Paris, VIIᵉ.

Membres de la Commission :

NOTA : La *Commission des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.



TABLE DES MATIÈRES

MISSION DANS LES PAYS SCANDINAVES

DE M. L'INGÉNIEUR EN CHEF DROUET

Directeur des Services Téléphoniques de Paris.

Avril 1922.

Sommaire

CHAPITRE PREMIER

Organisation générale des services téléphoniques en Danemark.

L'État Danois, qui possède le monopole des communications, a concédé à sept compagnies l'exploitation du téléphone à *l'intérieur d'une zone* territoriale déterminée constituée en général par une ou plusieurs îles.

Un contrôle technique et financier est exercé sur leur gestion par l'Etat.

L'Etat s'est réservé le droit de souscrire par priorité à la moitié des actions, au prix d'émission, à chaque augmentation de capital, ce qui lui assure pratiquement l'influence prépondérante aux assemblées d'actionnaires. Il a en outre, à l'expiration de la concession, la faculté de racheter toutes les actions à un cours fixé à l'avance.

Les liaisons téléphoniques interurbaines entre les zones des différentes compagnies sont assurées par l'Etat, ainsi que les communications internationales.



Les tarifs interurbains varient, par unité de 3 minutes, de 1 kr. pour les distances inférieures à 50 km. à 3 kr. 50 pour les distances comprises entre 451 et 550 km. par une progression de 0 kr. 50 par 100 km. (En avril 1922 le cours du change était 1 kr. = 2 fr. 50.)

Les conversations urgentes payent *triple* taxe.

Les abonnés ont la faculté d'obtenir des lignes spécialisées pour les communications interurbaines reliées directement à un central de l'État. La redevance annuelle est calculée d'après la distance.

L'État a conservé, en outre, l'exploitation du téléphone dans la partie du Jutland qui a fait retour au Danemark à la suite du plébiscite.

En Danemark, au 1er avril 1920 pour une population d'environ 2.800.000 habitants on comptait environ 1 abonné pour 12,4 habitants. Au 1er janvier 1922, pour la ville de Copenhague (environ 850.000 habitants) on comptait environ 1 abonné par 7,8 habitants et un appareil par 5,7 habitants, Au cours des dix dernières années, la densité téléphonique a environ doublé à Copenhague.

CHAPITRE II

Organisation des services télégraphiques et téléphoniques de l'Etat Danois.

Les services télégraphiques et téléphoniques sont *entièrement séparés des services postaux.* Ils sont rattachés au Ministère des Travaux Publics et placés sous les ordres d'un Directeur qui appartient au cadre des ingénieurs et qui a sous ses ordres 5 grands services :

Administration ;

Technique, comportant 1 ingénieur en chef, chef du service, 12 ingénieurs et 25 sous-ingénieurs. Les ingénieurs ont tous le brevet d'ingénieur du Polytechnicum de Copenhague. Le service dispose de 5 automobiles de tourisme (1 par province) pour l'inspection des lignes.

Comptabilité ;

Personnel ;

Trafic.

De plus le Danemark est divisé en quatre services régionaux, exclusivement techniques, qui sont dirigés chacun par un Ingénieur.

Bureau central interurbain de Copenhague. — Actuellement 52 circuits sont reliés à raison de 2 à 3 par table. Les appels sont aiguillés par un standard distributeur manuel sur 5 à 10 annotatrices suivant les heures. La distribution des fiches est faite à la main à partir de plusieurs points de concentration.

La préparation au télégraphe Morse (avec bande) est faite pour la plupart des circuits, très souvent par la téléphoniste elle-même.

Le rendement ne paraît pas supérieur à celui des circuits exploités au départ de Paris.

Un nouveau central interurbain, construit par la compagnie Ericsson, est actuellement prêt à être mis en service.

Il présente les particularités suivantes :

a) Les appels sont *distribués automatiquement* aux annotatrices (distributeur rotatif Ericsson à 25 Directions), ce qui constitue un perfectionnement notable sur le système employé à Paris.

b) Le mode d'affichage des durées d'attente est analogue à celui employé à Paris (lampes indicatrices).

c) La préparation sera faite au télégraphe sur la majorité des circuits. Un grand nombre d'entre eux étant des circuits à plusieurs postes, la préparation peut continuer ainsi pendant que le circuit est utilisé pour un poste intermédiaire.

d) On a cherché à diminuer autant que possible la perte de rendement du circuit au passage d'une communication à la suivante. Pour cela à chaque circuit correspondent deux monocordes sur lesquels il peut être aiguillé alternativement avec une clé spéciale. Pendant qu'une communication est établie sur l'un des monocordes, la communication suivante est préparée sur l'autre monocorde ; c'est le montage couramment employé en Allemagne.

e) Il n'y a pas de calculographes ni de distribution mécanique

ou pneumatique des fiches; perfectionnements que nous avons à Paris.

Il est à signaler que si un abonné est occupé par une communication urbaine au moment où il est demandé par l'interurbain, il est averti d'avoir à terminer rapidement sa conversation et, au bout de quelques instants, on le fait couper d'office en envoyant un signal spécial au groupe de départ urbain.

Service des téléphonistes. — Moyenne de 7 h. 1/2 à 8 h. de présence par jour, en général en une seule vacation = (7 h. ou 8 h. à 12 h. et 12 h. à 21 h.). Service effectif de 7 h. ou 7 h. 1/2. Le service de nuit de 21 h. à 7 h. est assuré uniquement par des emmes.

CHAPITRE III

Organisation du service des téléphones de Copenhague.

Iles de Seeland et Amagen (6.500 km. carrés environ, superficie comparable à celle d'un de nos départements).

Au 1er janvier 1922 ce réseau desservait :

Pour	la ville de Copenhague	= 79.585	abonnés et	100.489	postes
—	banlieue de Copenhague	= 4.928	—	5.616	—
—	province	= 30.110	—	32.845	—
	Total....	114.621	—	138.950	—

Le résultat d'exploitation de l'exercice 1921 s'est chiffré en recette par 24.080.491 kr. 175 et en dépense par 15.108.998 kr. 47, soit un bénéfice de 8.971.483 kr. 29. Le matériel et les bâtiments figurent au bilan pour 76.484.000 kr.

Il importe de remarquer la très forte organisation technique des cadres dirigeants qui comportent 5 Ingénieurs en Chef, 8 Ingénieurs principaux et 24 Ingénieurs ordinaires (au total 37 techniciens tous pourvus d'un brevet officiel d'ingénieur, en général du Polytechnicum de Copenhague).

ORGANISATION DES SERVICES

(Les employés aux écritures placés sous les ordres des rédacteurs ne sont pas compris dans ce tableau.)

Administrateur Directeur Ingénieur Johannsen	*Direction et exploitation :* 1 ingr en chef, 1 ingr princip. 1 ingénieur (Le service du personnel y est rattaché.)	Abonnements — Transfert Copenhague et banlieue.	1 rédacteur.
		Signalisation des dérangements — Réclamations.	1 rédacteur.
		Courrier (arrivée et départ).	1 rédacteur-secrétaire.
		Bâtiments. Ventes de bâtiments et terrains. Projets. Réparations.	1 inspecteur, 1 rédacteur.
		Annuaire.	1 rédact. chef, 1 secrétaire de rédaction. 2 rédacteurs.
		Comptage de conversations urbaines.	1 rédacteur.
		Exploitation des bureaux centraux. Trafic. Statistiques.	1 ingr princip., 1 ingénieur, 1 inspectrice (Copenhague et banlieue). 1 inspectrice (Province).
		Province. Abonnements. Établissement et entretien du réseau de province.	1 ingr en chef, 1 ing princip. 4 ingrs de circonscriptions, 2 rédacteurs, 7 contrôleurs.
	Service Technique des installations : 1 ingr en chef.	Surveillance des installations techniques. Construction et entretien des centraux, ateliers et chantiers. Prévisions.	3 ingrs princ., 6 ingénieurs, 1 conseiller scientifique, (prof. Erlang). 1 rédacteur.
	Lignes : 1 ingr en chef.	Construction et entretien du réseau (Copenhague et banlieue).	2 ingrs princ., 3 ingénieurs, 1 ingr pour les *appareils*, 1 ingr pour les *dérangements* 2 ingrs pour les *câbles*, 1 ingr pour le bureau de *dessins*, 4 ingrs de districts, 2 rédacteurs, 16 dessinat.
	Comptabilité : 1 chef de comptabilité.	Tenue des livres. Trésorerie. Vérification de la Province. Statistiques.	2 chefs de bureaux, 3 rédacteurs.
	Caisse.		1 chef de cais., 1 rédacteur.

N. B. — *On mentionne l'existence de 32 automobiles dont 16 voitures modèle tourisme et 16 automobiles pour transports du matériel et des équipes.*

Le Directeur nous a déclaré, en particulier, qu'il considérait comme absolument indispensable de faire diriger les services d'exploitation par des techniciens, car ces services comportent avant tout l'étude rationnelle des méthodes d'exploitation et l'analyse du trafic basée sur des statistiques judicieusement établies, des diagrammes, des courbes de probabilité et des graphiques de rendement.

Il nous a mis en garde contre la confusion qui se produit trop souvent entre l'*Exploitation* et l'*Administration* qui comprend les questions de contentieux, de finance, de comptabilité, de personnel, de discipline. Pour diriger et organiser la première, il estime qu'une formation technique est indispensable ; pour les questions administratives, il faut des qualités différentes qui ne nécessitent pas une formation technique.

Le service des lignes du réseau de Copenhague et de sa banlieue immédiate comporte 1 Ingénieur en Chef, 2 Ingénieurs principaux, 12 Ingénieurs, 16 Dessinateurs (presque tous les 16 élèves de l'université).

Principe appliqué pour l'organisation des services. — L'idée maîtresse qui a servi de principe directeur est que pour obtenir un bon rendement, il est nécessaire que le Chef d'entreprise puisse compter sur le zèle inlassable de ses collaborateurs sans qu'il lui soit nécessaire de les contrôler et que pour obtenir ce résultat il faut choisir des hommes de valeur, les payer très largement et les intéresser à la bonne marche de l'affaire.

L'activité et le zèle des chefs entraînera le bon rendement du personnel d'exécution qui se sentira bien dirigé et contrôlé par des chefs compétents.

Ce personnel d'exécution doit être bien payé, mais il est pratiquement impossible de l'intéresser au rendement par des primes ou de hautes payes, car les rendements individuels sont très difficiles à comparer avec une parfaite équité, puisque tous les employés collaborent à un travail fait en commun et que la qualité du travail de chacun d'eux influe sur le rendement des autres.

Et, si même, dans certain cas, il était possible de trouver une

base d'appréciation équitable, la prime qui pourrait être accordée serait trop peu importante pour pouvoir provoquer une émulation efficace.

Il est préférable, si l'entreprise est prospère, de s'attacher à améliorer les conditions matérielles du travail et à augmenter le confortable donné aux employés, de subventionner largement les cantines, les caisses de secours pour maladies, les caisses de retraites, etc.

La question la plus délicate est toujours celle des cadres et non pas celle du personnel subalterne. Les bons chefs font toujours les bons employés — et pour avoir de bons chefs, il faut savoir les choisir et savoir les payer.

Organisation du réseau de Copenhague. — Ce réseau téléphonique a été conçu d'une façon tout à fait particulière de façon à obtenir les deux résultats suivants :

1° Tarifs aussi réduits que possible pour les abonnés à faible consommation.

2° Service aussi rapide que possible et avec le minimum d'intermédiaires pour les abonnés à fort trafic.

Pour cela on a adopté pour les *petits abonnés* le système comportant une seule ligne commune à deux ou quatre postes situés dans un même immeuble (party lines), ce qui, étant donnée la faible dépense d'installation, permet de ne faire payer que 50 kr. par an (environ 125 fr.) et 10 öre (environ 0 fr. 25) par conversation pour une ligne à quatre postes. Chaque poste a un bouton avec compteur chez l'abonné enregistrant les appels faits au bureau central, qu'ils aient abouti ou non. Il est consenti une réduction de 33 °/₀ sur le nombre enregistré au compteur.

L'abonnement à deux postes par ligne coûte 130 kr. (environ 325 fr.) par an et donne droit à 2.000 conversations au maximum par an.

Ce système présente les inconvénients bien connus des party lines = absence de secret, complication de l'équipement et des manœuvres au bureau central, difficultés sérieuses pour la transformation en automatique.

Les postes à ligne indépendante payent, pour être reliés au

central le plus voisin, 150 kr. par an donnant droit à 1.200 conversations et un suplément annuel de 50 kr. par tranche de 1.000 conversations supplémentaires. Le comptage exact des communications n'est pas fait, mais seulement des pointages périodiques de contrôle, à la main ordinairement, et avec des compteurs automatiques en cas de contestations. On relie l'abonné à un jack local pourvu d'un compteur sur un groupe spécial de contrôle (3 groupes de départ ainsi équipés au grand central).

Comme *les abonnés à fort trafic* communiquent surtout entre eux, ils sont tous rattachés à un même central, quel que soit leur quartier. Le Central principal ainsi constitué dessert *sur un même multiple* environ 14.000 abonnés. La proportion du trafic local y est de 70 °/₀. L'intermédiaire de deux téléphonistes n'est donc nécessaire que pour 30 °/₀ des communications environ. Ces abonnés payent un abonnement de 300 kr. par an (et 360 kr. pour les quartiers excentriques) pour un maximum de 5.500 communications annuelles. Un supplément de 100 kr. donne droit à 8.000 communications au maximum. Au delà, l'abonné doit prendre une nouvelle ligne, ainsi que dans le cas où il est constaté que sa ligne est occupée pendant plus de 20 °/₀ du temps aux heures chargées.

Cette solution est coûteuse, car elle augmente notablement la longueur des lignes et nécessite un multiplage de grande capacité. Elle comporte, du reste, une limite déterminée par sa capacité maximum.

Étant donnée cette disposition le réseau de Copenhague est constitué par un grand central principal dont les groupes d'arrivée sont exploités en ligne de conversation avec distributeur de trafic et par une quinzaine de bureaux d'importance secondaire pour lesquels l'appel se fait en deux temps. La téléphoniste du bureau de départ donne d'abord le bureau destinaire. Les appels y sont distribués automatiquement sur des monocordes aux opératrices d'arrivée qui reçoivent de l'abonné l'indication du numéro demandé (ringing down system) ; le trafic est ainsi très bien réparti et le travail très régulier.

L'organisation du réseau de Copenhague est donc tout à fait particulière. Elle ne pourrait pas s'appliquer à une ville de l'étendue de Paris.

Les abonnés de Copenhague paient une *part contributive* d'installation, comme ceux de Paris = 100 kr. par ligne principale, 60 kr. pour un party line à 2 postes, 20 kr. pour un party lines à 4 postes, 20 kr. pour un poste supplémentaire, aucune redevance pour un tableau, 40 kr. pour un transfert de poste principal et 15 kr. pour un transfert de poste supplémentaire ou un déplacement d'appareil. La compagnie installe des postes à intercommunications par bouton à 10, 20 ou 30 directions avec contrats d'une durée minimum de 3 ans.

Rendement du personnel. — Les téléphonistes font 7 heures de présence en moyenne, autant que possible en une seule vocation. La durée effective du travail est de 6 h. 1/4 par jour en moyenne car 1/2 heure est accordée pour le lunch à la cantine et 1/4 d'heure de repos. Une surveillante a sous ses ordres 20 téléphonistes.

Le service du personnel à la Direction est confié à une surveillante principale.

Au Central principal la charge moyenne d'une opératrice de départ est de 240 communications à l'heure pour une proportion de 70 °/₀ de communications locales données dans le multiplage et 30 °/₀ de communications de départ vers bureaux secondaires appelés par simple enfoncement de la fiche, sans ligne de conversation. La charge moyenne des groupes B. est de 350 à l'heure.

Une téléphoniste de départ dessert, en moyenne, 110 abonnés dans le grand central et 230 à 240 dans les centraux secondaires.

Pour assurer l'entr'aide entre les téléphonistes de départ on a placé sur chaque groupe 3 monocordes spéciaux avec chacun desquels, quand elle est occupée, elle a la faculté de renvoyer un appel sur deux jacks locaux placés sur deux autres groupes.

On évite ainsi l'encombrement et la dépense qui résultent de l'installation des jacks d'entr'aide dont on a essayé l'emploi, sans grand résultat, dans certains bureaux de Paris.

Il y a évidemment là une disposition simple qui est à retenir.

Signalons que pour le grand Central, desservant 14.000 abonnés, le service de localisation des dérangements est assuré par 6 essayeurs, les essais avec les monteurs par 8 essayeurs et le service des réclamations par 6 employées.

Il en ressort bien nettement que les services accessoires sont beaucoup plus largement dotés qu'à Paris ; c'est une des nombreuses raisons qui concourent à la qualité excellente du service de Copenhague.

Communications entre Copenhague et la banlieue. — Au départ de Copenhague les communications sont données au même titre que les communications urbaines avec la banlieue immédiate comprise dans un périmètre de 7 à 9 km. de rayon à partir du centre de la ville. Une zone de 13 à 19 km. autour de la précédente est considérée comme grande banlieue. (La banlieue s'étend en principe dans un rayon de 20 km. à partir du centre de la ville).

Les communications pour cette zone sont *taxées* mais données sans *attente*. La taxe est de 15 öre pour 3 minutes ou de 15 kr. par tranche de 250 conversations à consommer dans l'année.

Le mode d'exploitation est le suivant :

Les appels sont reçus sur des jacks multipliés de 2 en 2 positions par les téléphonistes d'un meuble spécial de départ vers la banlieue.

La téléphoniste, en recevant l'appel, établit une fiche, fait raccrocher l'abonné, demande immédiatement le correspondant de banlieue en appelant sur un circuit libre (les circuits sont multiplés sur chaque position avec test lumineux commandé par un bouton d'allumage général des lampes pour chaque position) et rappelle aussitôt l'abonné par l'intermédiaire de son bureau d'attache. S'il est occupé elle peut envoyer un signal spécial pour le faire couper par la téléphoniste de départ qui l'a pris. Chacune de ces téléphonistes dispose d'un compteur de durée par paire de cordons (6 paires par position, place pour 8)

Ce mode d'exploitation est très rapide. J'ai vu couramment mettre l'abonné en relation avec son correspondant une minute environ après que son appel avait été enregistré et souvent dans

un délai encore plus réduit. Il faut retenir le dispositif du *test lumineux avec bouton d'allumage* ne mettant les lampes en service qu'au moment du test ; on évite ainsi l'usure rapide des lampes, la consommation exagérée du courant et toutes les difficultés données par les lampes spéciales à consommation réduite dont l'emploi est ainsi rendu inutile.

Communications interurbaines à l'intérieur du territoire de Seeland et Amagen. — Le territoire est divisé en 3 zones avec une bande de chevauchement à la limite des deux zones.

La taxe unitaire de 3 minutes est, quelle que soit la localité à laquelle est relié l'abonné :

1° Pour les communications de banlieue (périmètre 20 km.) 15 öre ou forfait de 15 kr. par tranche de 250 communications à consommer dans l'année. Les abonnés de la banlieue de Copenhague paient tarif double pour les communications avec Copenhague.

2° Dans la même zone 25 öre.

3° Entre deux zones différentes 35 öre ou 45 öre.

La deuxième période de 3 minutes est comptée double, la troisième triple et la durée maximum est de 9 minutes.

Petits bureaux de campagne. — Dans les petites localités le service du central téléphonique est en général confié à une gérante choisie parmi les habitants ou les commerçants de la localité.

La gérante fournit souvent le local dans son habitation. La compagnie fait l'installation et l'entretien et donne à la gérante une indemnité annuelle fixe de 600 kr. plus une indemnité de 20 kr. par abonné jusqu'à 50 et de 15 kr. au delà. Moyennant cette rémunération forfaitaire la gérante a la charge d'assurer le service de 7 h. à 20 h. en payant elle-même ses employées. Le service de nuit fait l'objet d'une rémunération spéciale.

Nous avons visité un petit bureau installé et exploité dans ces conditions. Il était constitué par un multiple équipé à 500 lignes et d'une capacité de 1.000 abonnés. Trois téléphonistes étaient de service, surveillées par la gérante qui les paye. L'installation était faite dans une pièce de la maison d'habitation : dans cette pièce étaient le multiple à batterie locale et à voyants, les têtes

de câbles et le répartiteur du type mural en armoire vitrée, très peu encombrant. Les batteries et piles d'abonnés sont des éléments secs de la marque Ellesen à grande durée (prix de revient de l'entretien par élément = 1 kr. par an). Un lit de repos est installé dans la pièce pour la téléphoniste de garde la nuit.

Les lignes des abonnés de campagne, à partir des points de concentration, sont aériennes en fils nus de 1 mm. 25 et les lignes auxiliaires en 2 mm.. La règle économique adoptée est que la quantité de cuivre affectée aux lignes auxiliaires doit être égale à celle de l'ensemble des lignes d'abonnés. L'établissement de la ligne d'abonné est gratuit jusqu'à 2 km. et, pour les distances plus grandes il est payé une redevance annuelle qui croit plus que proportionnellement à la distance.

Si l'abonné demande à être relié à un autre central que celui de sa circonscription, les taxes sont doublées.

Services techniques des bureaux centraux. — Les agents techniques (mécaniciens) affectés à l'entretien d'un bureau central sont complètement indépendants du chef d'exploitation de ce bureau central. Le chef d'exploitation est en général une femme et le chef du personnel technique est un chef électricien.

Dans les bureaux secondaires tous deux sont logés. Un chef supérieur électricien est chargé d'inspecter un certain nombre de postes centraux et dépend directement de l'Ingénieur de circonscription.

Le personnel technicien n'est jamais sous les ordres du chef d'exploitation du meuble. Il n'en résulte aucun froissement.

Tous les Ingénieurs et les Chefs électriciens ont un poste téléphonique de service à leur domicile.

Les électriciens (mécaniciens) des bureaux centraux sont de service de 7 h. à 16 h. avec 3/4 d'heure d'interruption pour prendre le déjeuner à la cantine et 1/2 heure dans la journée pour prendre une collation. A partir de 16 h. jusqu'au lendemain matin 7 h. aucun mécanicien n'est de service. De même aucun service d'entretien n'est assuré du samedi 16 h. au lundi matin 7 h. Des relais automatiques sont placés au tableau de distribution ponr mettre en route une machine d'appel de rechange en cas d'arrêt de la machine en service.

C'est ainsi qu'au Central Vester desservant 11.000 abonnés, le service est assuré avec un effectif total de 5 mécaniciens sans service de nuit ni de Dimanche. Il en est de même au Central Byen desservant 8.000 abonnés. (Ce sont deux des bureaux importants de la ville de Copenhague.) Le Central neuf Godthaab, dans un quartier périphérique, dessert 4.500 abonnés ; le service y est fait par 3 mécaniciens en tout, bien qu'il comporte un équipement automatique de distributeurs automatiques de trafic sur les groupes d'arrivée et des groupes de départ avec écoute automatique ainsi que l'appel automatique sur toutes les positions.

Projets en cours pour la transformation en automatique. — Deux centraux automatiques du système « Rotary » sont commandés à la Western Electric C° ; chacun sera installé pour 6.000 abonnés et d'une capacité de 10.000. Les organes de sélection seuls sont commandés à la W. E. C° ; Certains relais sont commandés à la compagnie Ericsson et l'installation et le câblage seront entièrement faits par les équipes d'électriciens de la compagnie sous la direction de l'un de ses ingénieurs. 700 abonnés seront pourvus de postes automatiques à disques ; les autres seront provisoirement desservis en semi-automatique.

En outre un distributeur de trafic sur groupes de départ manuels a été commandé à la W. E. C° (système Rotary) pour 3.000 abonnés (recherche des appels par groupes de 60).

Service des lignes, constitution du réseau de Copenhague. — Nous avons souligné précédemment la puissante organisation technique du service des lignes dirigé par un important état-major de techniciens (1 Ingénieur en Chef, 2 ingénieurs principaux et 12 ingénieurs ordinaires dont 4 ingénieurs de districts) et disposant d'un vaste bureau de dessin, luxueusement installé, comprenant 16 dessinateurs dirigés par un ingénieur assisté d'un ingénieur adjoint, d'un conducteur des travaux et d'un chef d'atelier. Chaque îlot, chaque bloc d'immeubles est représenté sur un calque à grande échelle avec le détail de la distribution des petits câbles. Tous ces calques d'un format uniforme, sont classés dans des reliures mécaniques à griffes formant des volumes dont on

peut extraire chaque document en cas de besoin. De grands plans d'ensemble des différentes parties du réseau sont suspendus à des supports à crémaillères avec enrouleurs automatiques. Le matériel de bureau est moderne et pratique, c'est là le type du bureau de dessin d'une grande entreprise technique où toutes les références sont établies minutieusement et classées avec méthode.

1° *Gros câbles* (700 paires en conduites). — Au départ du bureau central les lignes sont en câbles souterrains sous papier et plomb ordinairement à 700 paires (il y a aussi en service des câbles d'une capacité plus faible qui peut descendre à 200 paires).

Ils sont à circulation d'air, mais on ne fait *jamais aucun soufflage* ; on considère la chose comme absolument inutile.

Ces câbles sont dans des conduites en béton constituées par des blocs plats superposés à 4 trous par bloc (1 seul câble par trou). Les conduites sont sous la *chaussée*.

Quand on construit une artère on pose des câbles pour un nombre de lignes double de celui des abonnés en service et on aménage les conduites pour une capacité correspondant à trois fois le nombre des câbles posés. Les prévisions d'extension sont donc de 500 °/₀

Des chambres sont aménagées aux angles et tous les 100 à 250 mètres en alignements droits (pour le tirage des gros câbles non armés il ne faut pas dépasser 100 mètres entre chambres).

Le diamètre des fils est de $0^{mm}5$ pour les abonnés et de 1^{mm} pour les lignes auxiliaires. Au centre du câble est placée une paire *sous plomb*, ce qui donne la garantie qu'en cas d'accident il restera une paire saine pour permettre la localisation. En outre on sort une paire sur cent et on la relie à l'installation d'essais du service des lignes placées au sous-sol du bureau.

2° *Câbles de division (100 paires) et sous-répartiteurs.* — Les gros câbles se divisent par culottes de plomb en câbles à 100 paires qui sont ordinairement *armés* et placés dans le sol *sans conduites*, et quelquefois dans des conduites en bois avec couvercle en béton. Ces câbles à 100 paires sont en général sous les trottoirs.

Chaque câble à 100 p. aboutit à un répartiteur placé sur le sol,

en général dans la rue sur le trottoir et contre un mur ou dans une cour. Il est renfermé dans une sorte d'armoire en fonte à double paroi qui forme une saillie dont la largeur et la profondeur sont celles d'une boîte aux lettres. Ce répartiteur est équipé côté gros câble pour 100 paires avec place pour 150 et côté petits câbles pour 150 paires avec place pour 200. Les liaisons y sont faites par fils sous caoutchouc. Sur chaque fil est intercalé un fusible de 2 A dont l'utilité est très contestée.

Il est payé une redevance de 10 kr. par an par boîte de répartition (à la ville ou aux particuliers).

3° *Petits câbles et distribution dans les immeubles.* — De la boite de répartition partent les petits câbles allant aux immeubles (à 25, 20, 10 ou 5 paires) dans des conduites en bois sous trottoir ou directement dans le sol avec armature protectrice.

Après les divisions nécessaires faites par pièces de raccords en plomb les câbles arrivent à des boîtes de division à 5 ou 10 paires placées en général sur les façades des immeubles côté cour. Ces boîtes sont constituées par de simples réglettes de plots sous couvercle de fonte.

Chacune des paires sort individuellement de la boîte en câble sous coton et plomb pour entrer dans l'appartement par un trou percé dans l'angle du châssis en bois d'une fenêtre.

Aucun dispositif de protection n'est placé chez l'abonné.

Il est très intéressant de remarquer que *dès qu'un immeuble est construit les petits câbles sont immédiatement posés pour le desservir et une paire est introduite dans chacun des appartements.*

Donc habituellement, dans chaque immeuble, pour chaque appartement l'entrée de poste est faite à l'avance, même s'il s'agit de petits appartements de trois pièces dans les quartiers modestes.

Cette organisation permet d'éviter presque toujours de déplacer une équipe pour relier un nouvel abonné, un seul ouvrier monteur pouvant faire la pose du poste et les raccordements aux boîtes. De plus, en cas de dérangement le même monteur fait les coupures successives aux différents points de jonction.

Le réseau est divisé, pour l'entretien et les travaux journaliers

en 4 districts, à la tête de chacun desquels est un ingénieur. De plus le service des travaux neufs est dirigé par 3 ingénieurs. Ces services emploient 300 ouvriers au total.

Il y a certainement tout à retenir pour nous de cette organisation modèle dont nous avons tout intérêt à nous inspirer. Il ne faut pas se dissimuler qu'elle nécessite un état-major technique nombreux et des services centraux largement dotés en personnel, bien installés et outillés d'une façon moderne.

Services d'écritures et de comptabilité. — 1° *Annuaire.* Ce service est assuré par le rédacteur, chef de service, 1 secrétaire, 2 surveillantes et 30 employées.

2° *Comptabilité des communications urbaines.* La tarification étant faite par le classement de chaque abonné dans une catégorie correspondant à sa consommation moyenne, ce service se borne à exercer un contrôle périodique sur le trafic de chaque abonné en tenant à jour son compte de conversations d'après les pointages d'épreuve exécutés par les bureaux centraux, afin de pouvoir apprécier s'il y a lieu de changer l'abonné de catégorie. Effectif = 20 employées.

3° *Adressographe.* Les clichés des adresses de tous les abonnés classés par numéros d'appel sont conservés dans des meubles à tiroirs et constamment tenus à jour. Tous les mois ce service tire les adresses sur une série de formules de comptes pour conversations interurbaines et tous les trois mois sur une autre série de formules pour la perception des redevances d'abonnement

Effectif = 1 surveillante et 3 employées.

Outillage = 2 perforatrices et 3 adressographes.

4° *Comptabilité des communications interubaines.* Les fiches des communications reçues du bureau interurbain sont *classées par numéros* à l'aide de 4 tris successifs : par milliers, par centaines, par dizaines puis par unités.

Elles sont ensuite classées dans des fichiers jusqu'à l'établissement des comptes.

Temps nécessaire à une employée pour classer 1000 fiches : 1 h.30

Effectif : 1 surveillante et 12 employées.

Travail exécuté : classement de plus de 1.000.000 de fiches par mois.

Les fiches classées sont ensuite reprises et dépouillées pour *l'inscription des taxes* sur un grand livre à feuillets mobiles au compte de l'abonné, avec l'indication du nombre des taxes dues pour chaque catégorie de tarifs mais sans indication des dates ni des destinations.

Temps nécessaire à une employée pour inscrire 1.000 fiches : 3 h. 5 minutes.

3.300 heures d'employées pour un total mensuel d'environ 1.088.000 fiches.

Effectif : 3 surveillantes et 46 employées.

Puis le compte des communications du mois est transcrit sur la formule préparée par le service de l'adressographe qui sera envoyée sous enveloppe à fenêtre transparente.

Une employée remplit 120 formules à l'heure (avec détail des taxes de chaque catégorie).

Effectif : 10 employées pour 93.000 abonnés.

Si l'abonné le demande, les fiches sont jointes à son compte moyennant une redevance de 2 kr. par an. Sinon les fiches sont conservées 6 mois.

5° *Comptabilité des abonnements*. Le service conserve et tient à jour une collection de fiches classées par numéros d'appel indiquant pour chaque abonné le détail de la redevance annuelle due par lui et la somme à percevoir trimestriellement.

Sur la quittance trimestrielle préparée par le service de l'adressographe on inscrit seulement le total dû, sans détails.

Onze employées contrôlées par une surveillante établissent ainsi 115.000 quittances en 8 jours.

Cette quittance est jointe en général à la feuille du compte de communications interurbaines du mois et envoyée avec elle à l'abonné vers le 18 du mois suivant.

6° *Contrôle des paiements*. Un grand livre de comptabilité « doit » et « avoir » est ouvert pour l'année et comporte une ligne pour chaque abonné. On y porte pour chaque mois à son débit les sommes dues, à son crédit les versements faits (en



général par un chèque ou un virement fait au compte de la compagnie dans une succursale d'un établissement de crédit) et on fait la balance trimestrielle.

CONCLUSION

Le service téléphonique en Danemark est en tous points excellent. La densité téléphonique exceptionnelle qu'on y rencontre en fait foi.

Nous avons cité comme modèle le réseau téléphonique de Copenhague dont les résultats d'exploitation sont remarquables. Nous reviendrons, du reste, sur les commodités diverses données à la clientèle dans notre étude du réseau téléphonique de Stockholm où ces commodités sont encore plus développées.

La qualité des installations des multiples est sensiblement comparable à la nôtre ; quelques perfectionnements existent à Copenhague que nous n'avons pas encore, comme par exemple les distributeurs de trafic et de lignes de conversations que nous sommes en train d'introduire à Paris ; mais en regard de ces perfectionnements il subsiste des incommodités que nous avons pu éviter depuis quelques années, comme le maintien des bouchons pour marquer dans le multiplage les lignes supprimées et pour indiquer les nouveaux numéros des abonnés transférés, l'absence de calculographes à l'interurbain ainsi que la nécessité de distribuer à la main les fiches établies par les annotatrices.

La véritable raison de la qualité du service téléphonique danois réside avant tout dans son *organisation*. Il suffit pour s'en convaincre de se reporter aux précisions que nous avons données sur la composition des services de direction du réseau de Copenhague et en particulier sur son service des lignes.

Cette organisation, comme celle de toutes les entreprises prospères et caractérisée par l'importance et la compétence de l'état-major qui assure la direction des différents services. Les chefs sont tous des techniciens éprouvés et spécialisés ; ils sont nombreux et largement payés et il leur est laissé une grande initiative. Chaque service est bien hiérarchisé et on a l'impression que l'ordre et la

discipline règnent. Les bureaux administratifs et les services de direction sont dotés d'un nombreux personnel et leur outillage et leurs installations sont les plus modernes et les plus perfectionnés. Toutes les références techniques ou d'exploitation sont méticuleusement classées et répertoriées. La qualité du service est contrôlée à tout instant par des statistiques qui sont traduites en graphiques.

Avec une pareille organisation tous les détails sont étudiés et mis au point et l'utilisation rationnelle du matériel et du personnel est poussée aussi loin que possible.

De quelque côté qu'on tourne ses regards, on constate l'ordre, la méthode, la sûreté, et on sent toujours et partout l'influence d'une autorité bienveillante mais ferme, qui s'impose par sa compétence et qui n'est pas discutée, parce qu'elle n'est pas discutable.

Le *résultat* obtenu est que la qualité du service est excellente, que le rendement est très bon, et que des bénéfices importants sont assurés en fin d'exercice.

Nous avons donc l'occasion de constater, une fois de plus, que le secret de la réussite réside en grande partie dans l'application de ce principe qu'il faut savoir dépenser largement pour organiser et se rappeler que la recherche des économies sur les services de direction et le contrôle conduit souvent une entreprise à sa perte.

LES PLUS GRANDES VITESSES POSSIBLES EN AVIATION.

EMPLOI DU TURBO-COMPRESSEUR.

Pressions et poids spécifique de l'air en atmosphère normale,

Par M. RATEAU,
Membre de l'Institut.

Le but de cet exposé est de montrer ce qu'il faut faire pour obtenir en avion les plus grandes vitesses possibles ; mais, évitant de présenter des prophéties à longue échéance, je me bornerai à ce qui paraît dès maintenant réalisable en utilisant les derniers perfectionnements bien éprouvés. Nous allons voir ainsi qu'il est certainement possible de dépasser des vitesses de 400 km à l'heure, à condition de voler à de grandes altitudes et de maintenir la puissance du moteur à l'aide d'un dispositif de surcompression.

Qu'il s'agisse d'appareils de guerre ou d'avions commerciaux, il est évident que l'avenir est dans les grandes vitesses, et, comme conséquence, dans les grandes hauteurs de plafond. Les vitesses actuelles, de l'ordre de 150 ou 160 km à l'heure pour les avions commerciaux, ne sont pas suffisantes en effet pour donner un avantage péremptoire sur la voie ferrée. Si l'on marchait au double, avec bien entendu la sécurité que l'on espère obtenir bientôt, les transports par avions de long parcours s'imposeraient pour les voyageurs pressés et les services postaux.

Nous devons remarquer dès l'abord que l'avion est le seul véhicule dont la résistance à l'avancement est indépendante de la vitesse ; elle est uniquement liée au poids de l'appareil, à égalité d'incidence de vol, alors que, pour tous les autres, la résistance croît avec la vitesse, plus vite que son carré pour les

bateaux, moins vite pour les trains de chemins de fer et les automobiles à cause des termes de frottements indépendants de la vitesse ou proportionnels à la vitesse qui entrent dans l'expression de la résistance totale. En s'élevant dans l'atmosphère, l'avion peut trouver la densité du milieu qui lui convient le mieux, tandis que le bateau ou le véhicule roulant sur le sol ne peut pas changer les conditions de résistance du milieu où il se déplace.

Mais les possibilités humaines sont forcément limitées par la nature des choses. Il y a assurément pour l'avion, comme pour le bateau, comme pour les véhicules roulants, une limite pratique de vitesse commerciale. Nous ne pouvons, à l'heure présente, la fixer avec quelque certitude, car presque tout encore reste à mettre au point. Nous ne serons peut-être pas déraisonnables en envisageant 250 km à l'heure au moins, tandis que pour les paquebots elle est présentement de 22 nœuds, soit 40 km/h et pour les trains ou les autos de 80 environ pour de longs parcours.

Voici, pour préciser les idées, quelques chiffres de résistance par tonne du poids du véhicule :

Cargos à..........	20	km/h résistance	2,5	kg par tonne environ.
Grands transatlantiques à.........	40	—	6	—
Croiseur..........	65	—	25	—
Train de chemin de fer.............	100	—	10	—
Automobile........	100	—	70	—

Si ces véhicules pouvaient courir à 400 km à l'heure, en extrapolant les formules des résistances on aurait les chiffres suivants :

Grand transatlantique,	au moins	600	kg par tonne.
Train de chemin de fer	—	150	—
Automobile	—	500	—

tandis que, ainsi que nous le verrons, l'aéroplane ne nécessitera guère que 150 kg par tonne, peut-être seulement 120 ou même 100. A ces grandes vitesses, l'aéroplane devient donc supérieur aux autres modes de transport au point de vue du travail moteur nécessaire.

Atmosphère normale. — Dans le fonctionnement des avions, des hélices et des moteurs, c'est le poids spécifique ϖ (en kg/mc) de l'air dans lequel se trouvent les appareils qui est l'élément essentiel. D'autre part, pour le fonctionnement d'un compresseur centrifuge, c'est aussi la pression p (en kg/mq). Il nous faut donc, préalablement à tout calcul, connaître aussi exactement que possible les lois de décroissance de p et de ϖ avec l'altitude, tout au moins en atmosphère moyenne dans nos climats.

Les nombreuses observations par ballons-sondes faites dans ces quinze dernières années permettent de préciser ces lois d'une manière très satisfaisante. Nous possédons, en particulier, deux séries étendues dont les résultats d'ensemble ont été publiés par M. Soreau (1), d'une part, pour 40 observations faites, au cours du premier semestre 1912, à Trappes, Pavie, Uccle, Strasbourg, Vienne, etc... et par M. Lapresle (2), d'autre part, pour 225 observations faites à l'observatoire de Lindenberg, près de Berlin, de 1906 à 1916.

A première vue, les deux séries paraissent quelque peu divergentes ; mais une analyse approfondie m'a montré qu'au contraire elles s'accordent aussi parfaitement qu'on peut le souhaiter. C'est le résultat de cette analyse que je vais donner.

La variation dp de la pression barométrique est liée forcément à la variation correspondante dZ de l'altitude Z, comptée à partir du niveau de la mer, et au poids spécifique ϖ de l'air à cette altitude, par la formule différentielle :

$$dp = -\varpi \, dZ. \tag{1}$$

Si la température de l'air était constante, ϖ serait proportionnel à p, et l'on aurait :

$$\varpi = \varpi_0 \frac{p}{p_0} ;$$

par suite :

$$dZ = -\frac{p_0}{\varpi_0} \frac{dp}{p} ; \tag{2}$$

(1) *C. R. de l'Académie des Sciences*, 1er déc. 1919, et *Aérophile*, 1-15 déc. 1919.

(2) *Aérophile*, 1-15 mars 1920.

d'où, en intégrant :

$$(3) \qquad Z = \frac{p_0}{\varpi_0} \log \text{nep} \frac{p_0}{p} = \frac{p_0}{\varpi_0 M} \log \frac{p^0}{p} ,$$

ce dernier logarithme étant pris dans le système de base 10, et M étant le module.

Posons :

$$(4) \qquad \frac{p}{p_0} = \mu ;$$

on a ainsi :

$$(5) \qquad Z = - A \log \mu,$$

où A est un coefficient, qui, pour la pression normale de 760 mm de mercure (10.330 kg/mq) et le poids spécifique 1,2932 de l'air à 0°, est égal à 18.400; soit simplement 18,4, en évaluant Z en km.

C'est la formule bien connue de Halley; elle n'est pas applicable dans la partie inférieure de l'atmosphère à cause de l'abaissement de la température de l'air avec l'altitude; mais elle le devient dans la stratosphère, au dessus de 11 km, où la température demeure à peu près invariable jusqu'aux plus grandes altitudes atteintes par les ballons-sondes ; il faut alors prendre le coefficient A en correspondance avec cette température, qui est de — 54°.

$$A = 18,4 \frac{219}{273} = 14,76.$$

Dans la stratosphère, on a donc, entre deux altitudes Z_1 et Z_2 et les pressions p_1 et p_2, la relation :

$$(6) \qquad Z_2 - Z_1 = 14,76 \log \frac{p_1}{p_2} .$$

Voyons comment, en réalité, d'après les moyennes des observations, varie le coefficient A de la formule (5) avec l'altitude.

Sur le graphique fig. 1, où Z est en abscisse et A en ordonnée, se trouvent portés les points correspondants :

1° aux chiffres de Soreau, courbe 1 ;

2° aux chiffres de Lindenberg, courbe 2.

Jusqu'à Z = 11 km, les points expérimentaux se rangent très

bien sur des droites, d'ailleurs convergentes, comme cela doit être, sur un point de l'axe des Z d'abscisse 87 km. Les écarts entre les points expérimentaux et les droites ne dépassent pas 1,4 % en valeur relative pour Soreau, 1,7 % pour Lindenberg.

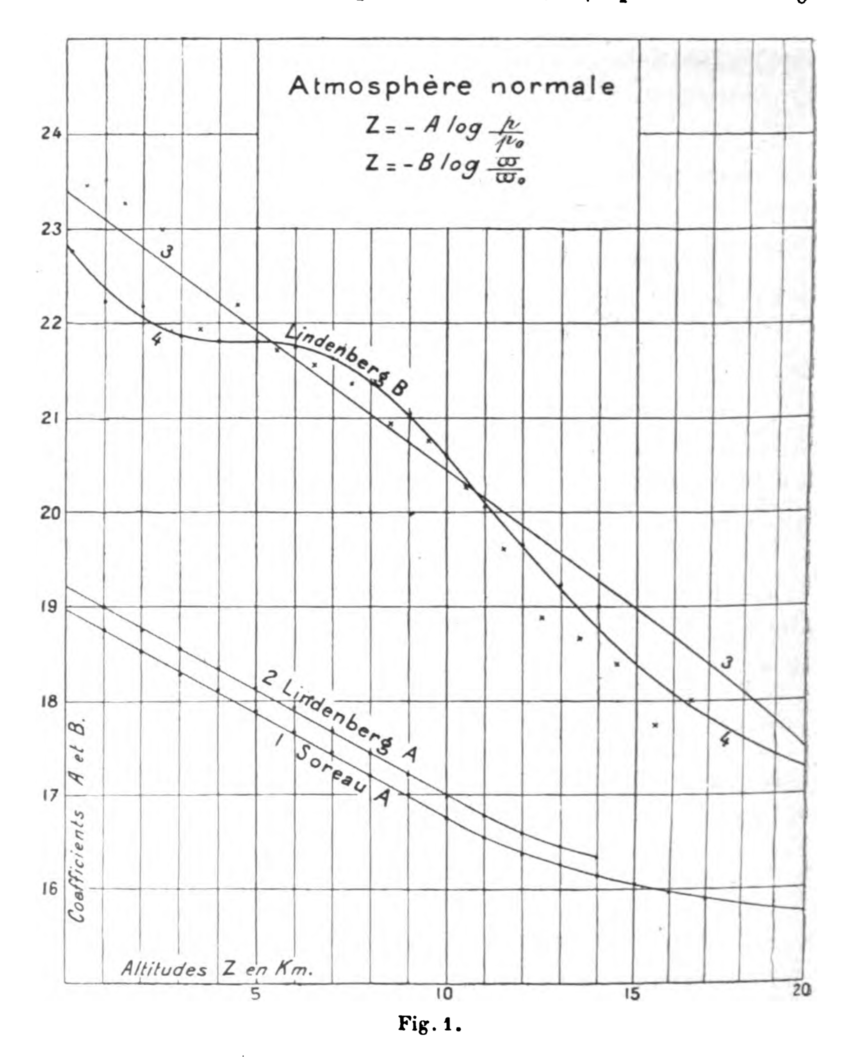


Fig. 1.

Si on porte ces écarts en ordonnée par une amplification très grande, on a le graphique de la fig. 2. On voit bien ainsi l'accord remarquable entre les deux séries de chiffres, accord qui ne peut

être fortuit et qui inspire toute confiance dans les résultats des observations. Les courbes réelles serpentent autour des droites moyennes.

Au-dessus de 11 km, comme on est dans la stratosphère, les droites de la fig. 1 se transforment en arcs d'hyperbole, asymptotes à la droite Z = 14,76 parallèle à l'axe des Z.

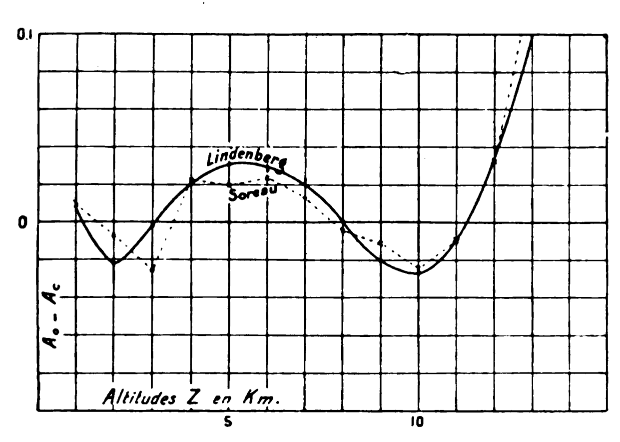


Fig. 2.

Le petit écart de 1,3 % entre les deux courbes de Soreau et de Lindenberg provient évidemment d'une légère différence (de 3°,6 environ) entre les températures moyennes au sol pour les deux séries d'observations (1).

Avec une approximation de moins de 1,7 millièmes, on peut donc, jusqu'à Z = 11, et même 11,5, écrire, pour l'atmosphère normale :

$$(7) \qquad Z = A'\left(1 - \frac{Z}{87}\right)\log \mu,$$

A′ étant un coefficient voisin de 19 et qui varie un peu suivant la température au sol : 19,215 pour la série de Lindenberg, 18,965 pour celle de Soreau.

De cette formule très simple, linéaire en Z, on déduit, par

(1) Les observations utilisées par M. Soreau ont toutes été faites en hiver ou au printemps.

exemple, que la pression est réduite à la moitié à $Z = 5.393$ m et au quart à $Z = 10.137$ m ; dans la stratosphère, les échelons, pour réduire la pression à la moitié, ne sont plus que de 4.443 mètres.

Passons à l'examen des poids spécifiques. D'après la relation (1), ils sont les dérivées, changées de signe, de la pression par rapport à Z. Partant dès lors de la relation (7), on tire aisément, pour valeur du rapport $\lambda = \frac{\varpi}{\varpi_0}$ des poids spécifiques de l'air à l'altitude Z (jusqu'à 11 km) et au niveau de la mer :

$$(8) \qquad \lambda = \mu (1 - b \log \mu)^2,$$

b étant égal à $\frac{A'}{87}$.

Posons, comme pour la formule de Halley :

$$(9) \qquad Z = - B \log \lambda.$$

La formule précédente permet de déduire le coefficient B du coefficient A. On trouve ainsi, par développement en série, en partant du coefficient $A' = 18{,}965$, correspondant aux chiffres de Soreau :

$$(10) \qquad B = 23{,}4 (1 - 1{,}12\, x + 0{,}1\, x^2),$$

avec :

$$x = \frac{Z}{87}.$$

La courbe théorique de ce coefficient B est tracée en 3 sur la fig. 1. C'est un arc de parabole très peu différent de la droite

$$(11) \qquad B = 23{,}4\left(1 - \frac{Z}{78}\right).$$

Et, puisque la courbe réelle du coefficient A de la formule des pressions serpente autour de la droite moyenne, il doit en être de même de la courbe exacte de ce coefficient B, avec des écarts plus importants ; les écarts maxima correspondent aux points d'inflexion de la courbe des écarts de la fig. 2, et les points de rencontre avec la droite moyenne théorique correspondent aux sommets de la même courbe de la fig. 2. C'est bien ce que l'on constate sur la fig. 1.

Les points ronds et la courbe 4 ont été déduits des chiffres donnés par les observations de Lindenberg jusqu'à $Z = 14$ km, la courbe est prolongée par un arc d'hyperbole, puisqu'au delà on est en stratosphère à température à peu près constante.

Les points marqués par des croix correspondent aux chiffres de pression donnés par Soreau jusqu'à $Z = 17$ km. Ils ont été obtenus par le calcul des différences finies pour les kilomètres successifs. On constate que, malgré les écarts forcément grands que donne ce mode de calcul, l'accord avec les résultats de Lindenberg est satisfaisant, sauf pour les altitudes supérieures à 12 km.

Voici donc les pressions et les poids spécifiques en atmosphère normale bien précisés. Jusqu'à ce que de nouvelles observations apportent quelques rectifications, qui ne pourront, semble-t-il, qu'être légères, nous prendrons pour loi de la variation de ϖ avec l'altitude celle qui correspond à la courbe 4 de la fig. 1, laquelle peut être remplacée, pour un calcul approximatif, par la droite 3, ou mieux, pour des altitudes comprises entre 3 et 6,5 km, par l'horizontale $B = 21,8$, et, pour des altitudes comprises entre 6,5 et 15 km, par la droite

$$B = 24,3 - 0,385\, Z. \tag{12}$$

D'après notre courbe, le poids spécifique de l'air en atmosphère normale est réduit à la moitié de ce qu'il est au sol à l'altitude 6.530 m. et au quart à l'altitude 11.830 m.; ensuite, dans la stratosphère, les échelons, pour réduire le poids spécifique à la moitié, sont égaux à 4.443 m., comme pour la pression.

Quant à la température de l'air, elle décroît de 5 à 7° par km suivant l'altitude et suivant la saison jusqu'à l'approche de la stratosphère. Cette décroissance ne peut en tout cas pas dépasser en atmosphère stable 10° par km qui est le chiffre qui correspond à la détente adiabatique de l'air dans les couches inférieures; s'il en était autrement, une certaine masse d'air qui aurait commencé à s'élever continuerait son ascension, car elle aurait à toute hauteur un poids spécifique inférieur à celui de l'air environnant.

L'avion. Recherche des conditions d'une grande vitesse. — La sustentation est donnée à peu près uniquement par les ailes, un peu par le corps de l'avion et un peu aussi par le gouvernail de profondeur ; au contraire, la résistance R à l'avancement est occasionnée non seulement par les ailes, mais aussi par le corps de l'avion, la queue et tous les appendices : mats, tirants, etc. Ces forces sont proportionnelles au poids spécifique ϖ de l'air ambiant d'une part, et à v^2 d'autre part, v étant la vitesse de l'avion en m/s.

En route horizontale, on peut poser :

$$(13) \quad \begin{cases} R = X \varpi v^2, \\ P = Y \varpi v^2, \end{cases}$$

P étant le poids total de l'avion en kg, X et Y deux fonctions de l'incidence des ailes seulement caractéristiques de chaque appareil. Le rapport $\frac{R}{P}$, égal à $\frac{X}{Y}$, est donc aussi uniquement fonction de l'incidence. Nous l'appellerons « résistance relative » et le désignerons par f. Le minimum de f, habituellement réalisé pour des incidences voisines de 4° avec les types actuels, s'appelle « finesse » de l'avion. Je rappelle que la finesse des meilleurs avions en service est d'environ 0,12 ; que dans les types en projet on pense l'abaisser à 0,10 et même à moins, peut-être 0,08 ; et que le vol au plafond est obtenu lorsque l'incidence est précisément égale à celle de ce minimum de f, ou plus exactement, ainsi que je l'ai montré naguère, un peu plus grande à cause de l'augmentation du recul de l'hélice avec l'incidence, augmentation qui permet au moteur de tourner un peu plus vite et par suite de donner plus de puissance.

Soit S la surface des ailes (en mq) ; le coefficient Y lui est proportionnel et on peut poser :

$$(14) \qquad Y = K_y S,$$

de même pour la partie X_a du coefficient X qui correspond à la seule résistance des ailes :

$$(15) \qquad K_a = K_x S.$$

Remarquons que nos coefficients K_x et K_y sont ici rapportés

au poids spécifique ϖ égal à l'unité, tandis qu'habituellement on les fait correspondre au poids spécifique arbitraire 1,225. On passera donc des uns aux autres en divisant par 1,225 (1).

Quant à la partie X_c de X qui correspond à la résistance du corps de l'avion et des diverses œuvres mortes, elle est sensiblement indépendante de l'incidence et de la surface S des ailes. Nous admettrons qu'elle l'est totalement, et, dans le but de simplifier l'écriture, nous remplacerons X_c par C ; nous poserons donc :

$$X = C + K_x S. \tag{16}$$

La puissance π (en kgm par seconde) développée par le moteur, multipliée par le rendement propulsif ρ de l'hélice, est égale à la puissance résistante $R\,v$ de l'avion :

$$R\,v = \rho\,\pi.$$

Remplaçons R par $X\,\varpi\,v^2$, puis $\varpi\,v^2$ par $\frac{P}{Y}$, il vient :

$$v = \frac{\rho\,\pi}{f P}, \tag{17}$$

relation très simple qui donne v en fonction de la puissance utile $\rho\,\pi$ du système propulsif, du poids total P de l'avion et de sa résistance relative totale f. Mais elle ne permet pas de voir clairement l'influence d'un changement de la surface sustentatrice S. On serait tenté d'y donner à f la valeur minimum, ou finesse de l'avion. Ce serait incorrect parce que les avions volent normalement à des incidences bien plus faibles que celles du plafond. Il vaut mieux expliciter les termes relatifs aux ailes, d'une part, et au corps de l'avion, d'autre part. Alors, en partant de (16) on obtient :

$$C\,\varpi\,v^3 + P\,f_a\,v = \rho\,\pi, \tag{17'}$$

où C est le coefficient de résistance du corps et f_a la résistance relative des ailes seules.

---

(1) Il est regrettable qu'on n'ait pas systématiquement, depuis les premières études au laboratoire, rapporté les coefficients à $\omega = 1$, au lieu de $\omega = 1,225$.



Cette relation montre immédiatement que, la puissance utile propulsive $\rho \pi$ étant donnée (on suppose, en effet, que le moteur tourne à sa vitesse maximum), ainsi que le corps de l'avion et son poids, la vitesse maximum de l'avion est obtenue lorsque l'incidence de vol, dans l'air de poids spécifique ϖ déterminé, est telle que f_a, résistance relative des ailes seules, est minimum, et on sait que cette incidence optimum des ailes est, avec les formes accoutumées des profils, voisine de 1°,5.

Toutefois, en voulant réaliser exactement cette condition, on serait conduit, comme nous allons le voir par un exemple, à des surfaces d'ailes extrêmement petites, et par conséquent dangereuses, si le vol doit s'effectuer au voisinage du sol.

En théorie, même, le maximum de vitesse correspond à une incidence encore un peu plus grande, et par suite à une surface d'ailes encore plus petite, parce que, à mesure que l'on réduit celle-ci, on peut évidemment en diminuer le poids, en sorte que le poids total de l'avion, au lieu de demeurer constant comme nous l'avons admis, diminue légèrement, ce qui agit dans le même sens que la réduction sur f_a.

Mais il faut remarquer que cette résistance relative de l'aile ne varie pas sensiblement si on adopte une incidence notablement inférieure à celle qui donne le minimum. On aura donc avantage à faire ainsi, afin que la surface d'ailes soit aussi grande que possible.

Appliquons ces formules à un cas concret, par exemple à l'avion Nieuport, consacré par le succès, avec lequel M. Sadi-Lecointe a pu pousser la vitesse jusqu'à 330 km/h, soit 91,7 m/s.

Les données de cet appareil sont :

$P = 980$ kg, $S = 11$ mq, $\pi = 320 \times 75$, $\rho = 0{,}8$, $\rho\,\pi = 19.200$.

On déduit de ces chiffres, d'abord, par la 2e formule (13) :

$$K_y\,\varpi = 0{,}0106,$$

qui correspond, d'après les caractéristiques des ailes, à une incidence de vol voisine de — 2°.

Ensuite, de la première des relations (13) et de (16), on tire :

$$(C + K_x\,S)\,\varpi = 0{,}0249.$$

Or le coefficient de résistance C du corps de l'avion est, nous a-t-on dit, égal à 1,6 fois celui des ailes. On a donc :

$$C\varpi = 0{,}0153 \text{ et } K_x\varpi = 0{,}00087,$$

d'où $f_a = 0{,}082$. La résistance relative de l'avion tout entier est $f = 0{,}213$. Nous sommes donc loin ici des finesses 0,12 que réalisent les avions à grandes ailes, et pour lesquels la résistance du corps est à peu près égale à celle des ailes à l'incidence du plafond.

Cherchons maintenant la vitesse maximum qui aurait pu être atteinte si le constructeur, en conservant le même corps, avait osé réduire encore la surface d'ailes jusqu'à permettre le vol sous leur incidence optimum, environ 1°,5, et en supposant que le poids n'en soit pas altéré. Dans l'équation (17′), $C\varpi$, P et $\rho\pi$ ne sont pas changés ; c'est f_a qui est diminué ; il aurait pris probablement la valeur 0,05 au lieu de 0,082.

L'équation devient alors :

$$0{,}0153\, v^3 + 49\, v = 19.200\,;$$

d'où $v = 98$ m/s, soit 352 km/h au lieu de 330.

Le gain est notable ; mais alors le $k_y\varpi$ à cette incidence s'étant élevé à 0,025 environ, le S des ailes serait tombé à :

$$\frac{P}{k_y\varpi v^2} = \frac{980}{0{,}025 . \overline{98}^2} = 3{,}9 \text{ mq seulement.}$$

La résistance relative de l'avion serait descendue à 0,184 au lieu de 0,213, malgré la diminution énorme de la surface d'ailes.

Cet exemple nous prouve bien qu'il est très difficile de dépasser au voisinage du sol des vitesses de l'ordre de 350 km/h ; l'air y est trop dense ; on est obligé de réduire les ailes à de très petites dimensions, ce qui rend la manœuvre de l'avion très délicate, oblige à des vitesses d'envol et d'atterrissage extrêmement dangereuses, diminue la finesse de l'avion et occasionne une charge excessive des ailes au mètre carré.

Pour remédier à ces inconvénients, il n'y a pas d'autre moyen que d'aller chercher des couches de l'atmosphère moins denses en s'élevant à de grandes altitudes. Avec le même corps d'avion,

le coefficient C restant constant, on voit que dans l'équation (17′) qui donne v, le coefficient $C\varpi$ de v^3 diminue proportionnellement à ϖ ; mais, la puissance π du moteur tomberait encore plus vite, en sorte que la vitesse diminuerait, si l'on n'avait pas le moyen de restaurer la puissance π du moteur, grâce au turbo-compresseur.

Reprenons l'avion de Sadi-Lecointe et faisons-le voler à 6.500 m par exemple, où le poids spécifique ϖ est réduit à la moitié de ce qu'il est au sol, et cela sous la même incidence. La surface d'ailes sera très augmentée : 18 mq au lieu de 11. L'avion se rapproche de la normale. Mais le poids sera accru notablement non seulement de ce fait, mais surtout de tout l'ensemble du dispositif de turbo-compresseur dont le poids est d'environ 65 kg. Admettons donc un poids total de 1.100 kg au lieu de 980.

L'équation (17′) donne alors $v = 108$ m/s, soit 390 km/h. La résistance relative descend à 0,161.

Faisons le voler maintenant à 11.800 m. où le poids spécifique de l'air est le quart, en lui donnant une surface d'ailes telle que $f_a = 0,06$ et en supposant le poids porté à 1.200 kg ; l'équation (17′) donne alors $v = 135$ m/s, soit 486 km/h. La surface d'ailes serait encore d'environ 18 mq et la résistance relative tomberait à 0,118.

Mais, à cette très grande altitude, la vie du pilote et des passagers ne pourrait être assurée que dans des cabines étanches où serait maintenue une pression d'air voisine de celle du sol. Il en résulterait une augmentation sensible du poids total de l'avion et ce ne serait d'ailleurs réalisable qu'avec des appareils de beaucoup plus grandes dimensions que celui que nous avons pris comme exemple d'application des formules. C'est cependant dans cette voie qu'il faut maintenant chercher pour obtenir de très grandes vitesses, de l'ordre de 400 à 500 km à l'heure. On s'en préoccupe de divers côtés. Le problème est ardu ; il sera certes résolu, comme bien d'autres, dans quelques années si on veut s'en donner la peine et engager les dépenses nécessaires. Quant au turbo-compresseur, qui devrait comprimer l'air de 0,2 atmosphères à 1, il n'y a pas de difficulté sérieuse.

En attendant la cabine étanche, on peut rester aux altitudes voisines de 6.000 m où la vie est possible à l'aide des appareils respiratoires à oxygène, ou même sans eux.

Les progrès actuellement en vue permettront sans nul doute de réduire notablement les poids du fuselage et des ailes, sinon du moteur ; d'améliorer les qualités dynamiques des ailes et d'atténuer les résistances passives de toutes les œuvres mortes de manière à ramener le coefficient $\frac{R}{P}$ *en vol normal*, à moins de 0,12. On envisage même d'aplatir considérablement le fuselage en logeant les moteurs et les réservoirs d'essence et d'huile, et même les hommes dans les ailes. Ce ne serait possible qu'avec de très grands appareils et des ailes très renflées. On parviendrait peut-être ainsi à réduire $\frac{R}{P}$ en vol normal à notablement moins que 0,12, même de 0,10. Mais pour ne pas trop escompter un avenir peut-être illusoire bornons-nous à 0,12.

Si l'on admet, d'autre part, un poids par cheval moyen de 6 kg, encore réalisable pour un long parcours, on trouve alors par la formule (17) une vitesse moyenne de 300 km/h ; il suffirait d'abaisser le poids moyen par cheval à 4,5 kg pour atteindre 400 km/h. Ce n'est sans doute pas possible avec des appareils de long parcours, mais cela l'est assurément avec des appareils militaires qui n'auraient pas à emporter une charge considérable de combustible. Tel est l'ordre de grandeur des vitesses que nous devons espérer obtenir très prochainement à l'aide du turbo-compresseur.

Il conviendrait, semble-t-il, de favoriser l'éclosion des appareils susceptibles de les fournir en instituant des concours appropriés. Les vols au voisinage du sol ont donné à peu près tout ce que l'on était en droit d'en attendre. Puisque les grandes vitesses ne peuvent être réalisées qu'à de hautes altitudes, l'heure est venue d'abandonner les vols près du sol et d'établir des programmes permettant des parcours à grande distance et altitude quelconque.

Turbo-compresseur. — La puissance interne d'un moteur d'aviation est, en gros, proportionnelle au poids d'air qui entre dans le cylindre dans l'unité de temps, en supposant la carburation réglée toujours de la même façon ; mais ce n'est pas cette puissance qui importe ; c'est la puissance nette sur l'arbre, inférieure à la précédente de tout ce qui est absorbé par les frottements des pistons, des bielles, de l'arbre dans ses coussinets, par les vibrations, par la manœuvre des soupapes, des pompes à huile et à eau des magnétos.

Tant d'éléments influent sur ces pertes qu'il est impossible d'établir une formule simple et précise reliant la puissance effective au débit d'air. En moyenne, cependant, on peut dire que les moteurs actuels donnent environ un cheval par gramme d'air introduit par seconde lorsqu'ils fonctionnent à la pression atmosphérique normale ; un peu plus, ou plutôt un peu moins qu'un cheval, suivant que le moteur est plus ou moins réussi, que le graissage est plus ou moins bien assuré, que la pression en fin de course de compression est plus ou moins élevée, etc.

Le couple moteur Γ, à peu près indépendant de la vitesse de rotation dans les limites pratiques de celle-ci, du moins pour les moteurs non rotatifs, peut, grosso modo, se représenter par la formule très simple :

$$\Gamma = A\,(\varpi - \nu), \qquad (18)$$

A étant un coefficient propre à chaque machine,

ϖ le poids spécifique de l'air d'alimentation, une constante, caractéristique de chaque moteur, peu différente de 0,12.

Vous voyez immédiatement par là que, à mesure que l'avion s'élève, la densité de l'air diminuant, le couple et la puissance décroissent plus rapidement que ϖ. A 6.500 m, où ϖ est réduit de moitié, le couple s'abaisse à 44 % de ce qu'il était au sol. Il tomberait à zéro, en admettant que la formule continue de s'appliquer, si ϖ s'abaissait à 0,12, ce qui a lieu vers $Z = 18$ km.

C'est cet abaissement rapide du couple qui occasionne la réduction des vitesses en palier et en montée et qui limite le plafond. A couple constant, l'incidence de vol resterait la même,

ainsi que le recul et le rendement de l'hélice, les vitesses en palier croîtraient comme l'inverse de $\sqrt{\varpi}$ et il n'y aurait plus théoriquement de plafond. On ne serait limité que par la vitesse *maximum* admissible de rotation du moteur.

Dès les premiers temps de l'aviation, plusieurs esprits ingénieux avaient bien vu et indiqué qu'il serait possible de remédier à cet inconvénient grave en comprimant d'abord l'air atmosphérique de manière à alimenter le moteur à une pression plus élevée et à lui faire aspirer ainsi un poids d'air plus grand ; mais aucun, à ma connaissance, n'avait encore tenté une réalisation, lorsque, en 1915, la question me fut posée par les ingénieurs de la société Lorraine-Dietrich. Ils voyaient la solution dans l'emploi d'un ventilateur centrifuge actionné par le moteur lui-même au moyen d'un engrenage multiplicateur de vitesse, et s'adressaient à moi parce que j'étais un spécialiste de ces sortes de machines.

Après examen de cette solution, et de différentes autres, je déconseillai un essai. Il m'apparaissait, en effet, que l'engrenage et le ventilateur, qui devait être dans ce cas constitué par plusieurs roues mobiles, seraient trop lourds et encombrants ; de plus, la liaison constante du ventilateur avec le moteur aurait surchargé inutilement celui-ci au départ et introduit une cause de danger. Enfin, comme on le verra plus loin, pour rétablir convenablement la pression initiale au sol, il faut, à mesure que l'avion s'élève, que la vitesse de rotation du ventilateur croisse progressivement dans le rapport de 1 à 2,5 au moins, beaucoup plus grand que celui des vitesses de rotation du moteur. Il serait donc nécessaire, pour bien faire, d'interposer un changement de vitesses, comme sur les automobiles, et cela est inadmissible pour un avion. Ce dispositif ne me semblait donc pas acceptable. C'est celui-là pourtant qui fut ultérieurement essayé par le Service Aéronautique Anglais, sans succès je crois, et par les Allemands, qui, vers la fin de la guerre, commençaient à sortir quelques appareils de ce genre. Il est à présumer que, sauf peut-être pour des cas spéciaux, cette solution sera abandonnée pour celle que nous avons mise au point en France.

Je ne pensais plus à ce problème, quand, au mois d'août 1916, M. Bastiou, pilote-aviateur, vint me demander de l'aider à poursuivre les études qu'il avait commencées. Il avait vu clairement, de son côté, les avantages de la suralimentation et de la marche du moteur à couple constant ; mais il cherchait aussi une combinaison de compresseur attelé au moteur.

En y réfléchissant davantage, j'aperçus alors que les objections seraient écartées par une combinaison tout autre, consistant à atteler le ventilateur, non pas au moteur lui-même, mais à une turbine actionnée par les gaz qui en sortent. A la condition de faire tourner le mobile à de très grandes vitesses, la machine serait très petite et légère, une seule roue devant suffire, aussi bien pour le ventilateur-compresseur que pour la turbine. De plus, on réaliserait ainsi l'indépendance complète du moteur et de ce turbo-compresseur supplémentaire, car une vanne d'échappement à l'air libre, à la disposition du pilote, lui permettrait de mettre les gaz sur le turbo ou de les évacuer directement à l'atmosphère, et même de régler progressivement leur aotion.

Toutefois, la chose n'était possible que si on pouvait trouver dans le gaz d'échappement assez d'énergie disponible pour compenser toutes les pertes dans le ventilateur, d'une part, et dans la turbine, d'autre part, sans contrepression exagérée au moteur. Eh bien, par une circonstance heureuse, la compensation s'établit avec une contrepression au moteur sensiblement égale ou peu supérieure à la pression de refoulement du ventilateur, en sorte qu'on peut effectivement, à toute altitude, remettre le moteur à peu près dans les conditions de marche au sol ; l'énergie obtenue par la détente du gaz d'échappement, entre la pression au sol et la pression à une certaine altitude est, en effet, suffisante pour comprimer l'air d'alimentation de la deuxième pression à la première. On s'en rend compte aisément de la façon suivante.

D'abord il convient de remarquer que, s'il n'y a pas de fuites, le poids des gaz sortant du moteur est un peu plus grand que le poids de l'air qui y entre, puisque, à l'air d'alimentation, le

carburateur ajoute de 5 à 6 °/₀ d'essence ; ensuite, il faut savoir que les gaz qui s'échappent d'un moteur en marche normale au sol ont une température voisine de 800° centigrades, soit environ 750°, ou 1023° absolus, après refroidissement dans la tuyauterie de raccord entre le moteur et la turbine. Si la machine se trouve à une altitude où l'air atmosphérique a une température de — 20°, par exemple, soit 253° absolus, le volume du gaz sortant sera supérieur à $\frac{1023}{253} = 4$ fois le volume de l'air entrant, évalué à la même pression, et, par conséquent, en évoluant entre les mêmes pressions, le gaz sortant pourra donner théoriquement 4 fois le travail strictement nécessaire pour la compression de l'air. Il suffit, dès lors, que le groupe turbo-compresseur ait un rendement égal à l'inverse de 4, soit 25 °/₀, pour que l'application soit possible dans les conditions indiquées.

Or il est très facile de faire, même avec des formes imparfaites, un ventilateur et une turbine dans lesquels les pertes d'énergie de toutes natures soient moindres que les travaux réellement utiles. La turbine et le ventilateur ayant séparément plus de 50 °/₀ de rendement, l'ensemble à plus de $\frac{50}{100} \times \frac{50}{100} =$ 25 °/₀ de rendement. Notre appareil atteint 27 °/₀ ; et, en consentant une légère augmentation de poids et d'encombrement, j'estime que l'on peut arriver à un peu plus de 30 °/₀. Les choses se présentent donc très bien à ce point de vue.

L'aperçu sommaire ci-dessus ne tient pas compte, il est vrai, des variations de température qui se produisent nécessairement pendant la détente du gaz d'échappement dans la turbine et aussi pendant la compression de l'air dans le ventilateur. Une théorie entièrement correcte, facile à établir, conduit à une formule qui se trouve traduite graphiquement dans la fig. 3. En abscisse est porté le rapport de la pression p_0 de refoulement du ventilateur (qui est aussi, à quelques perte de charge près, la pression d'alimentation du moteur), à la pression atmosphérique p à l'endroit où se trouve l'appareil ; et, en ordonnée, le rapport de la pression d'échappement p_1 du moteur à la pression p_0 d'alimentation.

Les courbes correspondent à diverses valeurs du coefficient $\tau = \rho \frac{T_1}{T}$ qui règle ce rapport $\frac{p_1}{p_0}$, où :

ρ est le rendement global du turbo-compresseur ;

T_1 la température absolue du gaz d'échappement à l'arrivée à la turbine ;

T la température de l'air aspiré par le ventilateur.

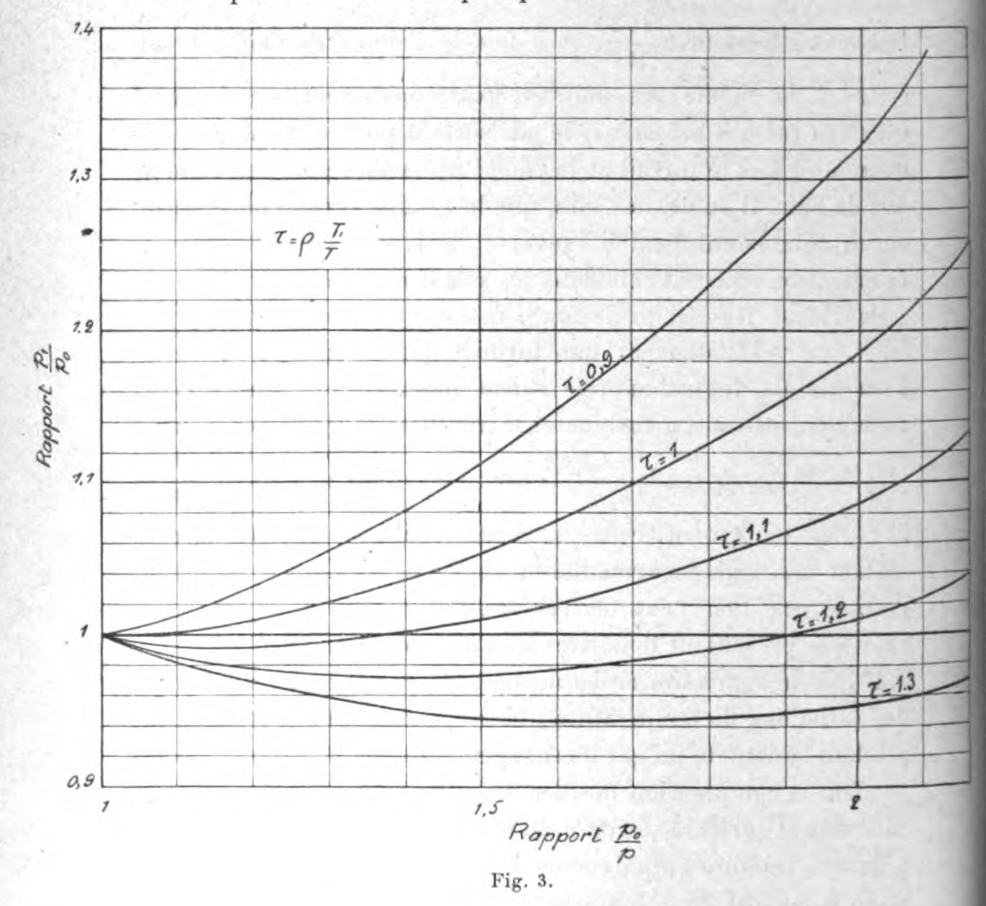


Fig. 3.

D'après ce graphique, on voit, par exemple, que si, étant à l'altitude 5.400 m, on veut rétablir la pression du sol, c'est-à-dire obtenir un rapport $\frac{p_0}{p}$ de compression égal à 2, avec $\rho = 0,27$,

$T_1 = 1023°$, $T = 253°$, ce qui donne à τ la valeur 1,1, il faut que $\frac{p_1}{p_0} = 1{,}09$ pour que le turbo-ventilateur remplisse les conditions exigées, et cela sans tenir compte des 5 à 6 °/o d'essence qu'apporte la carburation. Il en résulte donc une contrepression au moteur de 0,09 kg/cmq supérieure à ce qu'elle est dans la marche au sol. Ce n'est pas très sensible.

Les courbes tracées sur notre graphique, jusqu'à $\tau = 1{,}3$, vont en s'élevant pour les valeurs de $\frac{p_0}{p}$ supérieures à 2. Il semble donc que, si l'on voulait, aux altitudes supérieures à 10 km, rétablir la pression du sol, c'est-à-dire réaliser un rapport de compression supérieur à 4, au lieu de 2 que nous venons d'envisager, il serait nécessaire de consentir une contrepression au moteur beaucoup plus forte. A cet égard, il y a lieu de remarquer :

1° que, à mesure que l'on s'élève, la température T de l'air s'abaisse, tandis que T_1 reste sensiblement constant ; il en résulte un accroissement considérable de τ, et

2° que la compression en deux étages permet l'amélioration du rendement du ventilateur, grâce à un radiateur intermédiaire.

Notre formule générale montre que, par exemple, pour une compression de 4, avec $T_1 = 1023°$, $T = 220°$ qui existe en moyenne à $Z = 11$ km, il suffit que le rendement global du groupe turbo-compresseur atteigne 0,316, ce qu'il est possible de réaliser, pour que la contrepression p_1 au moteur soit juste égale à la pression p_0 de refoulement du ventilateur. Le coefficient τ s'élève alors à 1,47.

On voit ainsi qu'il est parfaitement possible de remettre à toute altitude le moteur dans les conditions de marche au sol.

Mais la réalisation de la machine présentait des difficultés sérieuses. Même avec la grande connaissance que j'avais acquise de ces problèmes par mes travaux antérieurs, je ne l'abordai pas sans appréhension sur le résultat.

Pour rétablir la pression du sol à l'altitude de 5400 m. c'est-à-

dire pour doubler la pression de l'air, objectif que je me proposais, il fallait atteindre, à l'extrémité des ailes du ventilateur, une vitesse tangentielle de 380 mètres par seconde, soit, avec un diamètre de 24 cm estimé convenable, une vitesse de rotation de 30.000 tours par minute. Cela dépassait, et de beaucoup, tout ce qu'on avait fait jusqu'alors. A cet allure, l'action des forces centrifuges est formidable. Les parties de métal les plus éloignées de l'axe, par exemple, tirent dans le sens du rayon avec une force égale à 123.000 fois leur poids propre; un gramme de matière donne lieu à une traction de 123 kilogrammes. De plus, la turbine devait tourner dans du gaz à 750°, ou plus exactement un peu moins, soit 650°, à cause de la détente dans le distributeur, c'est-à-dire presque au rouge vif, et, à cette température, tous les métaux perdent énormément de leur résistance; tandis que la roue du ventilateur pouvait être soumise à des températures très basses, jusqu'à — 55° aux grandes altitudes, et les métaux usuels deviennent dans ces conditions extrêmement fragiles.

Pour l'arbre, c'est une autre affaire : à un bout, il serait chauffé au rouge, à l'autre refroidi; et il fallait se méfier des vitesses critiques qui sont dangereuses si le mobile n'est pas parfaitement équilibré.

Toutes ces difficultés, et bien d'autres que je passe sous silence, ont cependant été surmontées. Nous sommes parvenus, sans tâtonnements, grâce à notre expérience de ces questions, grâce aussi aux métaux spéciaux que les savants métallurgistes avaient déjà trouvés, à doter notre aviation d'un appareil d'un fonctionnement très sûr, plus sûr même que je n'avais dès l'abord escompté.

Le dispositif offre une souplesse parfaite ; il suffit au pilote de fermer plus ou moins le volet d'échappement libre pour accélérer plus ou moins le ventilateur et le moteur, depuis le minimum qui correspond à l'ouverture complète (le moteur marche alors comme s'il n'y avait pas de ventilateur) jusqu'au maximum lorsque le volet est entièrement fermé. Dans cette dernière condition il se produit une sorte d'autoréglage des vitesses.

Le graphique fig. 4 montre les vitesses de rotation du turbo-ventilateur, type 175 chevaux, qu'il faut obtenir pour rétablir la pression du sol aux diverses altitudes.

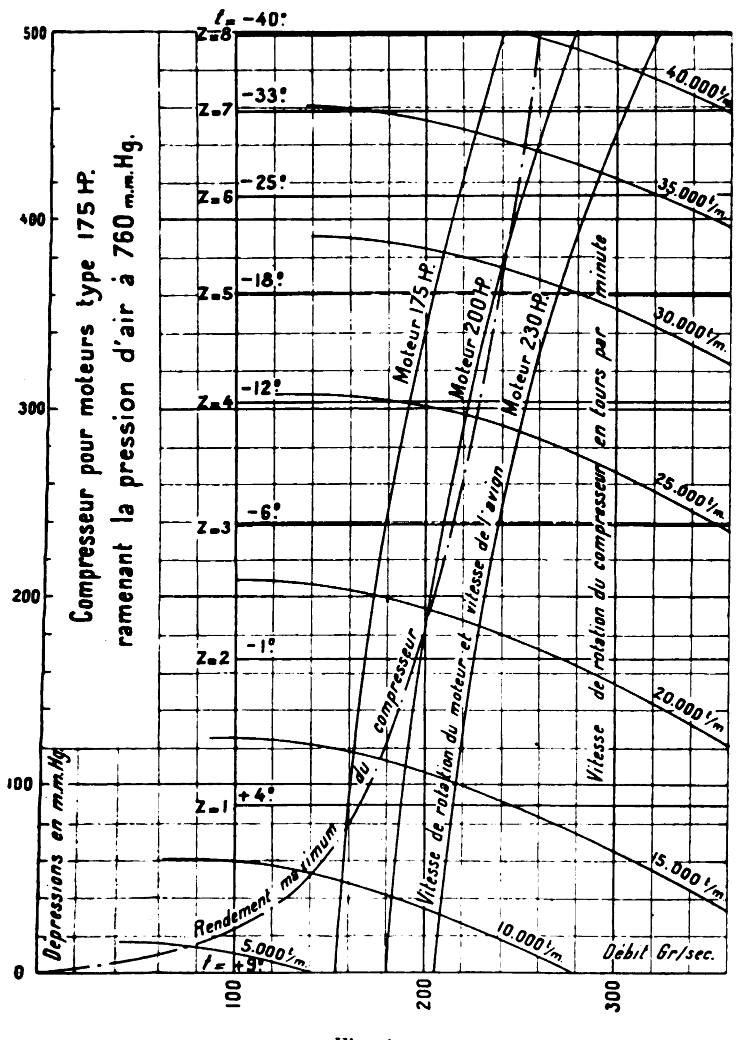


Fig. 4.

En abscisse se trouve porté le débit du ventilateur, en grammes par seconde ; la puissance du moteur est proportionnelle à ce débit, ainsi que la vitesse de l'avion en palier.

En ordonnée est portée la dépression atmosphérique, en mm. de mercure, aux diverses altitudes. Les lignes horizontales correspondent aux altitudes 1, 2... 8 km en atmosphère normale, et les températures sont marquées à côté. La ligne en pointillé mixte correspond au rendement maximum du ventilateur.

On voit par ce graphique que, pour rétablir la pression au sol, avec un moteur nominal de 200 chevaux,

à Z =	1	km, il faut	tourner à	13.300	tours minute
—	2	—	—	18.500	—
—	3	—	—	22.200	—
—	4	—	—	25.400	—
—	5	—	—	29.400	—
—	6	—	—	33 100	—

Il ne serait pas prudent de dépasser notablement la vitesse de 30.000 t/m ; le coefficient de sécurité risquerait de tomber à une trop faible valeur.

Si, aux basses altitudes, on fermait complètement l'échappement libre, le turbo-compresseur donnerait une pression trop élevée, que les moteurs actuels sont incapables de supporter. C'est dommage parce qu'on aurait ainsi le moyen d'en augmenter notablement la puissance initiale.

Réalisée en premier lieu pour moteur de 175 chevaux au commencement de 1917, la machine fut étudiée à fond en usine, et méthodiquement, à l'aide d'un dispositif expérimental permettant de varier les conditions de marche bien au delà de la pratique à bord des avions. C'est ainsi que, dans des essais à outrance, nous l'avons fait tourner jusqu'à 53.000 tours par minute, réalisant ainsi la vitesse périphérique de 670 mètres par seconde à la roue du ventilateur. Celui-ci aspirant dans une chambre et refoulant à l'atmosphère, faisait alors un vide de près de 60 centimètres de mercure ; soit un rapport de compression supérieur à 4,5.

Après ces essais en usine, la machine fut présentée à la Section Technique de l'Aéronautique qui s'y intéressa. Sous la haute direction de MM. les commandants Caquot et Martinot-Lagarde, les essais se poursuivirent à terre d'abord (à la station d'altitude du Galibier, 2.500 m.), en août 1917, puis à bord d'avions

d'études, par les lieutenants Sadi-Lecointe et Canivet. La fabrication en grand était en train, dans une usine spécialement cons-

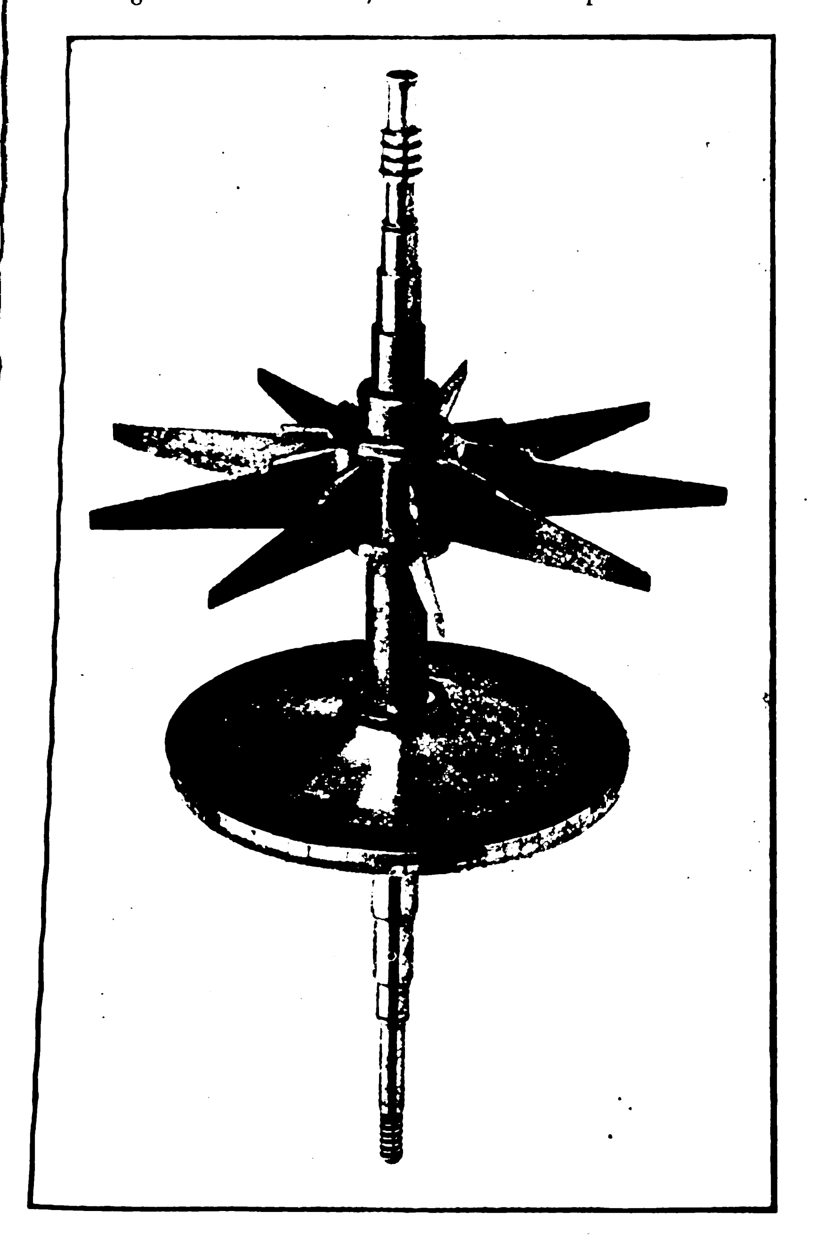


Fig. 5.

truite à cet effet par la société qui s'occupe de mes machines, lorsque la guerre se termina enfin.

Depuis l'armistice, on a repris tranquillement les études et les applications. Divers détails avaient encore besoin de mise au point, particulièrement les tuyauteries des gaz d'échappement qui, au début, ne furent pas assez solides pour éviter les fuites, et les pompes à essence qui n'avaient pas été prévues pour refouler à une pression s'élevant à plus d'une demi-atmosphère. Maintenant, nos ingénieurs et les pilotes de la Section technique, M. J. Weiss, notamment, qui travailla longtemps, en 1919, sur un avion Bréguet de corps d'armée, et dont le concours éclairé nous fut des plus précieux ; plus récemment les pilotes dévoués du champ d'aviation du Bourget, qui se servent couramment de toute une escadrille de Bréguets, ont réussi à débarrasser l'installation à bord de tous les inconvénients qui s'étaient révélés à l'usage. Quant à la machine principale, le turbo-compresseur lui-même, il n'a eu besoin d'aucune retouche.

Voici (fig. 5) le mobile même d'un turbo destiné à suralimenter des moteurs de 300 chevaux ; il pèse tout entier 3 kg. La roue de la turbine, de 18 cm de diamètre, est faite en acier au tungstène, le métal à outils découvert par Frédéric W. Taylor ; malgré ses petites dimensions, cette turbine développe, avec le gaz d'échappement d'un moteur de 300 chevaux, une puissance de près de 50 chevaux. La roue du ventilateur, de 24,2 cm de diamètre, taillée dans la masse, est faite en acier au nickel, de même que l'arbre. Les ailes, au nombre de 9, sont exactement radiales et bien calculées en solide d'égale résistance pour ne pas se déformer par les forces centrifuges.

L'arbre, long de 33 cm entre paliers, paraît relativement robuste, et cependant sa première vitesse critique n'est que de 8.000 tours par minute, et sa deuxième de 27.000. La machine tourne normalement de 25.000 à 30.000 tours par minute, donc au voisinage de cette deuxième vitesse critique.

Voici, d'autre part (fig. 6), une photographie du turbo-compresseur, et (fig. 7) le schéma de l'ensemble du dispositif. L'enveloppe du ventilateur est en aluminium ; celle de la turbine, en tôle d'acier. La machine ne pèse que 23 kg.

Sur le tuyau de refoulement du ventilateur se trouve un radiateur destiné à abaisser la température de l'air comprimé avant

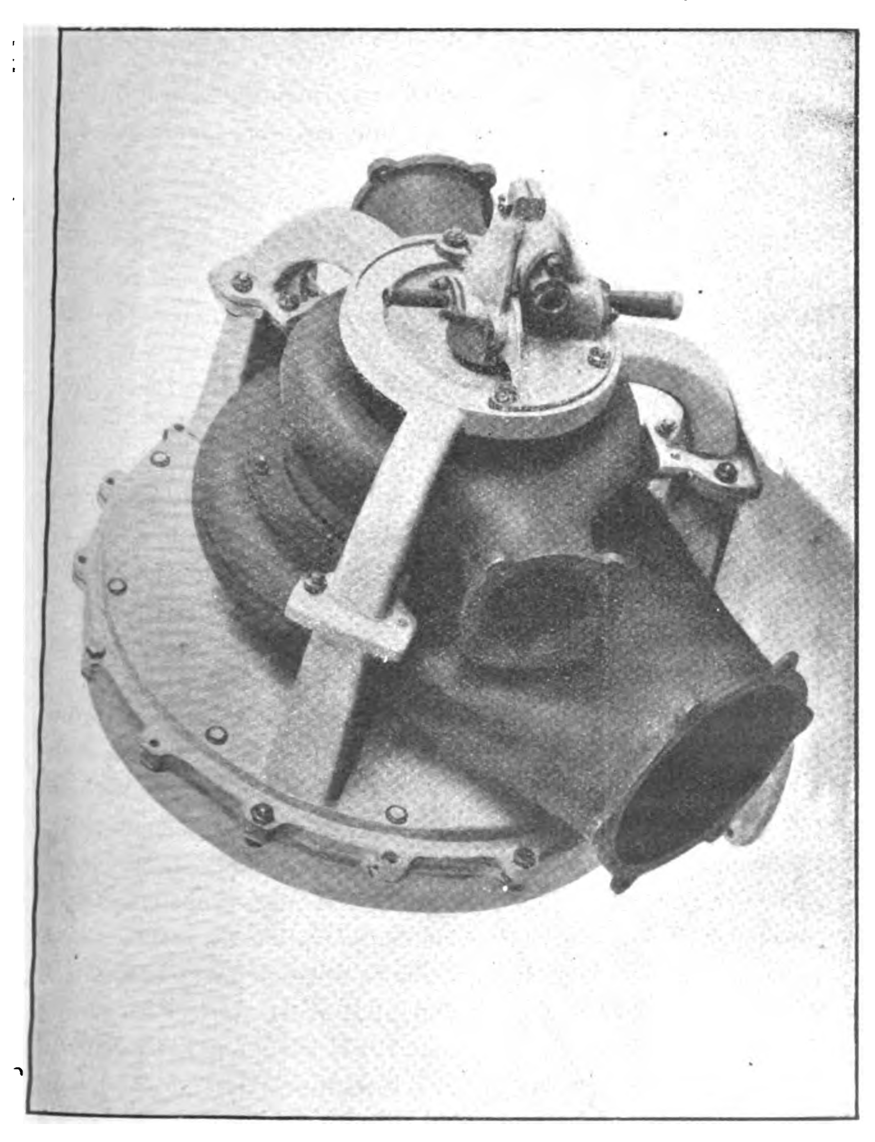


Fig. 6.

son arrivée au carburateur. On sait que l'air s'échauffe par la compression ; si, par exemple, l'appareil aspire de l'air à 250°

absolus, cet échauffement, pour une compression de 2 et un rendement de 55 %, est de 90° : l'air sort donc du ventilateur à la température de 340° absolus, soit 67° centigrades. Il faut le refroidir, pour ne pas perdre de puissance au moteur. C'est très important, non seulement à ce point de vue, mais aussi pour éviter une sorte d'instabilité de régime qui est occasionnée par cet échauffement.

Le dispositif entier, y compris tous les accessoires, pèse environ 80 kg dans les conditions actuelles d'adaptation à d'anciennes machines. Il sera possible de réduire assez notablement ce poids lorsqu'on se décidera à étudier spécialement les moteurs en vue de l'application systématique du turbo-compresseur.

L'avantage ressort clairement du chiffre indiqué ci-dessus. Avec un poids ajouté de 80 kg, on double la puissance aux grandes altitudes d'un moteur de 300 chevaux au sol; par contre un moteur ordinaire de 600 chevaux donnerait lieu à un poids supplémentaire de 350 kg au moins. Il faut observer aussi que le moteur de 300 chevaux, continuant de marcher dans les mêmes conditions qu'au sol, conserve son rendement, tandis que, à cause des résistances passives, celui du moteur de 600 chevaux, sans turbo, s'abaisse notablement aux grandes altitudes.

Quels résultats le dispositif nouveau peut-il procurer ? En ne faisant état que des appareils actuellement éprouvés, qui doublent la pression d'alimentation (et il n'y aurait pas de difficulté à en faire, si c'était utile, qui comprimeraient l'air bien davantage), les formules que j'ai établies et qu'on trouvera exposées en annexe montrent que, en ce qui concerne les plafonds, on obtient, à égalité de poids total de l'avion, une surélévation de 4.000 mètres environ. Et, en effet, sur un avion Bréguet qui plafonnait à 6.000 mètres environ, le lieutenant J. Weiss, après l'adaptation d'un turbo, s'est élevé, en juillet 1919, avec son mécanicien à bord, à plus de 9.000 mètres et il était encore assez loin du nouveau plafond. C'est là le record d'altitude avec passager. Le record absolu d'altitude appartient au lieutenant américain J. A. Mac Ready, qui, le 28 septembre 1921, au champ d'aviation de Cook Field près de Dayton, s'éleva à un peu plus de 10.000 mètres avec

un avion muni d'un moteur de 450 chevaux et d'un turbo-compresseur copié sur les nôtres, dans les dispositions essentielles,

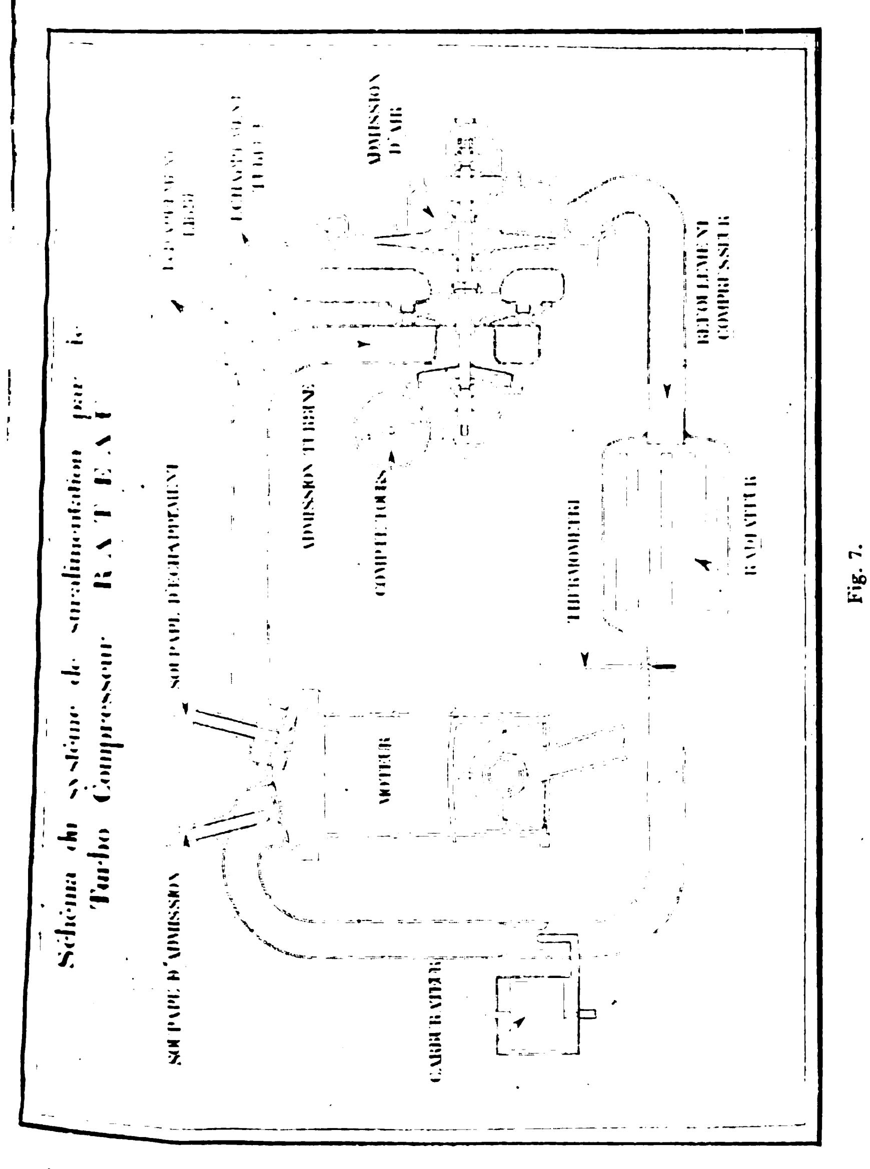


Fig. 7.

n'en déplaise aux ingénieurs de la General Electric C° qui, bien à tort, voudraient faire croire qu'ils ont trouvé cela tout seuls; je

pourrais prouver qu'ils n'ont commencé leurs études qu'après nos essais au Galibier en août 1917 et qu'ils ont eu connaissance de nos premiers dessins d'exécution et de tous nos essais au camp d'aviation de Villacoublay.

En ce qui concerne les vitesses, il y a perte au voisinage du sol, parce que l'on est obligé de changer l'hélice et d'en mettre une de pas notablement plus grand afin de maintenir, aux grandes altitudes, la vitesse de rotation du moteur dans la limite de sécurité permise. Mais, au dessus de 2.000 mètres, le turbo reprend rapidement l'avantage. Voici seulement quelques chiffres. Les avions Bréguet en question, munis de moteurs de 300 chevaux, sans turbo, ont au sol une vitesse propre de 180 km à l'heure; près du plafond, cette vitesse tombe à 145. En y appliquant le turbo, on obtient, à l'ancien plafond de 6.000 mètres, la vitesse fréquemment mesurée de 215 à 220 km à l'heure. C'est à cette allure que plusieurs voyages ont été faits avec ces avions, de Paris à Lyon, à Tours, à Nancy, à Metz, etc...

La réduction de vitesse au voisinage du sol est due à ce que l'hélice ayant un pas plus grand que pour l'avion normal, le moteur tourne à une vitesse notablement plus faible. On pourrait supprimer cet inconvénient à l'aide d'une hélice à pas variable permettant de faire tourner le moteur toujours à sa vitesse de régime. Mais ici l'avantage n'est pas, on le voit par les courbes, capital.

Au contraire il n'y aurait pas moyen de se passer d'un tel genre d'hélice si l'ensemble moteur turbo-compresseur était adapté pour marcher à la pression du sol à l'altitude de 10 à 12 km au lieu de 5 ou 6. Avec une hélice à pas constant on perdrait trop de vitesse près du sol et l'envol serait très pénible si même possible.

Il n'y aurait aucune difficulté à réaliser des turbo-compresseurs pour ces grandes altitudes où il faudrait quadrupler, même quintupler la pression, soit à l'aide d'un ventilateur multicellulaire à 2 ou 3 roues, soit mieux en mettant en tension deux turbos analogues à ceux que nous venons de décrire.

On a dit parfois que, le distributeur de la turbine ayant des

tuyères divergentes, il n'est pas adapté à des chutes de pression de plus de la moitié de la pression initiale et que, dès lors, l'appareil n'a plus le même rendement aux grandes altitudes, supérieures à 5 ou 6 km. C'est une erreur complète provenant d'une méconnaissance des propriétés des turbines à fluide élastique. D'abord il serait bien simple de faire des distributeurs à tuyères convergentes-divergentes, comme nous le faisons dans les tur-

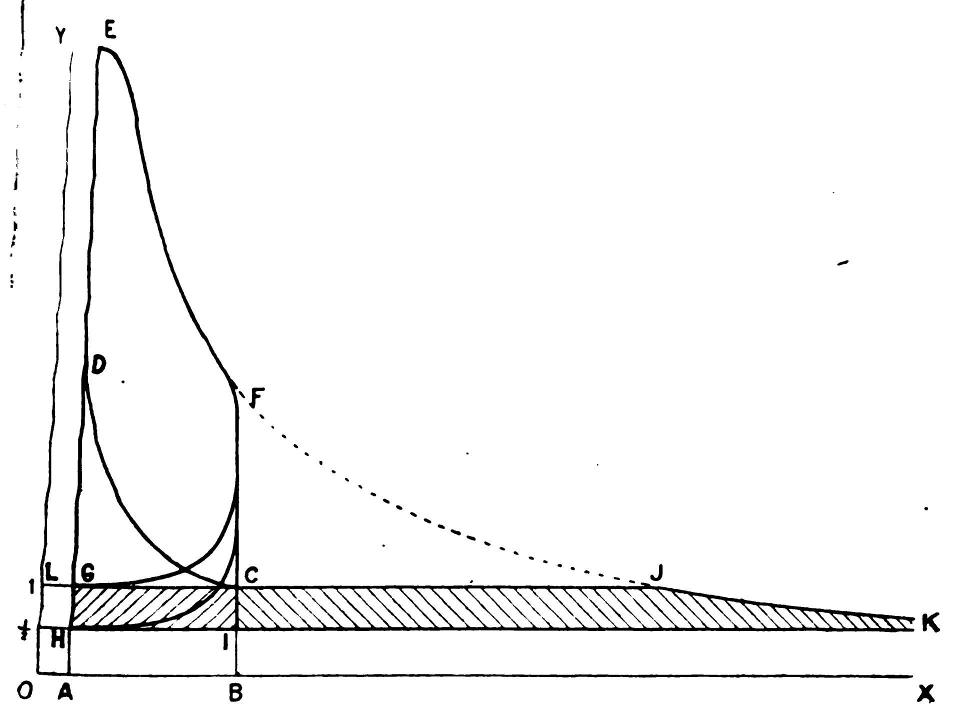


Fig. 8.

bines à vapeur lorsque c'est nécessaire. Mais ensuite il faut savoir que les tuyères uniquement convergentes donnent un bon rendement lorsque la pression d'amont est très supérieure au double de la pression d'aval; le rendement s'améliore même à mesure que le rapport de détente croît, jusqu'à une certaine limite, parce qu'alors la turbine fonctionne en partie par réaction et que les pertes dans les tuyères et par choc à l'entrée de la roue mobile sont plus faibles.

Il m'a semblé intéressant d'insister un peu sur ce point généralement mal compris.

Pour terminer, examinons encore un point fort important : on pourrait peut-être penser qu'il est indifférent, en ce qui concerne le rendement d'ensemble de tout le groupe moteur, d'actionner le ventilateur directement par le moteur ou par une turbine utilisant le gaz d'échappement. Je vais montrer que la deuxième combinaison est considérablement plus avantageuse ; en deux mots cela résulte de ce que la turbine permet la détente complète du gaz d'échappement jusqu'à la pression atmosphérique environnante, tandis que dans les cylindres du moteur la détente est forcément très insuffisante.

Supposons que, dans l'un et l'autre cas, le ventilateur alimente le moteur exactement à la pression du sol, et représentons par G C D E F G (fig. 8), le diagramme de fonctionnement de ce moteur, supposé à quatre temps. Sur la ligne OX sont portés, en abscisses, les volumes, et sur l'axe vertical OY, en ordonnées, les pressions. La ligne G C J correspond à la pression atmosphérique au sol. A B représente le volume total utile des cylindres, O A celui des espaces morts, généralement voisin du premier.

Le diagramme est déformé pour ne pas exagérer ses dimensions. En réalité, le point E devrait être beaucoup plus haut, puisque la pression, pendant l'explosion de l'air carburé, s'élève à 25 kg/cmq.

Si, au lieu de fonctionner au sol, le moteur fonctionne par exemple à l'altitude 5.400 m., où la pression atmosphérique est réduite de moitié, dans le cas où il échappe directement à l'atmosphère, le diagramme s'augmente du rectangle G C I H, de hauteur égale à 1/2. Mais le travail utile sur l'arbre est notablement plus petit que la surface de ce rectangle d'abord à cause des résistances passives, ensuite parce que les pertes de pression par laminage des gaz aux soupapes d'échappement sont d'autant plus fortes que la pression est plus faible. De plus l'engrenage multiplicateur fait perdre encore un peu de puissance. Ce n'est donc guère que 85 % du travail représenté par la surface S du rectangle qui est réellement transmis au ventilateur.

Avec la turbine d'échappement, il en va tout autrement. Le gaz commence par tomber à la pression qui règne dans la tuyauterie entre le moteur et le distributeur de la turbine, pression que nous supposons égale à la pression I atmosphérique au sol. Contrairement à ce que l'on pense parfois, l'énergie correspondante à la pression totale B F du gaz dans les cylindres n'est pas et ne peut pas être entièrement utilisée. Il se fait d'abord de la détente brusque *sans travail*, suivant le morceau *d'hyperbole* F J, puisque dans ce genre de détente la température du gaz ne varie pas sensiblement ; et, comme pratiquement la pression finale B F dans les cylindres est voisine de 4,5 kg/cmq, le point J se place de telle sorte que L J = 4,5 L C, soit G J = 5,4 G C. Ensuite, la détente avec travail dans la turbine s'effectue suivant la ligne polytropique JK, le point K se place, loin à droite sur la ligne HI prolongée, à une distance de H un peu inférieure à 2 GJ.

Le travail théorique dans la turbine est représenté par le trapèze G J K H, dont la surface égale à peu près 7 fois celle du rectangle G C I H. Mais le travail utile transmis à l'arbre du ventilateur est plus petit. Si le rendement de la turbine est de 50 %, seulement, et, en fait, il est un peu plus élevé, c'est tout de même 3,5 fois G I C H, tandis que dans le premier cas c'était environ 0,85.

On voit que notre solution donne un travail disponible pour le ventilateur, laissant inchangée la puissance utilisable du moteur, *au moins 4 fois égal* à celui que l'on aurait par la commande par le moteur lui-même au moyen d'un engrenage multiplicateur. Il y a donc là un avantage énorme.

Conclusion. — *En résumé*, nous voyons que des vitesses de 300 km à l'heure sont dès maintenant réalisables avec des avions commerciaux de long parcours, et 400 environ avec des avions de guerre ou de sport volant normalement à 5 ou 6 km d'altitude.

Pour aller plus loin, il faut faire de nouveaux progrès :

Construction encore plus légère ;

Amélioration des formes d'ailes et des œuvres mortes afin d'abaisser la finesse à moins de 0,10 ; c'est certainement pos-

sible, car la finesse des ailes seules peut s'abaisser à moins de 0,045 ; pour ces études, les laboratoires expérimentaux sont de première utilité ;

Réalisation d'un système d'hélice à pas variable qui donne toute sécurité ;

Réalisation d'une chambre étanche, d'abord pour les passagers, ensuite pour l'équipage, qui soit suffisamment légère et offre toute sécurité ;

Sans parler bien entendu, de l'amélioration nécessaire des moteurs, surtout en ce qui concerne l'endurance et la régularité de marche.

Le jour où ces perfectionnement seront assurés et où les routes aériennes seront organisées, nous auront la possibilité de voyager autour du globe à des vitesses supérieures à 400 km et, par étapes de 1.500 à 3.000 km, on irait alors de Paris à Tokio, par exemple, en 3 jours, 8 étapes ; Paris à Buenos-Ayres en 2 jours, 5 étapes, dont une malheureusement un peu forte pour la traversée de l'Atlantique, de Dakar à Pernambouc, 3.300 kilomètres. M.L. Bréguet nous a déjà fait espérer la réalisation assez prochaine de ces beaux projets, avec l'autorité qui s'attache à tout ce qu'il dit.

Les progrès vont vite. Dans peu d'années, nous verrons sans doute la stratosphère devenir la grande route internationale de l'homme. Nos ingénieurs et nos constructeurs qui ont fait des merveilles au cours de la grande guerre, continuent de travailler ardemment à la solution de ces problèmes magnifiques. Il faut que le génie de nos compatriotes ne ralentisse pas son effort, qu'on l'aide le plus efficacement possible, cela en vaut bien la peine, et qu'ainsi s'affirme de nouveau la primauté glorieuse de notre pays.

Note sur le calcul des plafonds.

La surélévation du plafond que peut procurer l'emploi du turbo-compresseur se calcule avec précision de la manière suivante :

D'abord remarquons que l'incidence x_p de vol au plafond est celle qui rend minimum la résistance totale R de l'avion, c'est-à-dire aussi $\frac{X}{Y} = f$, environ 4° avec les types modernes, ou plutôt un peu plus, soit environ 5°, parce que le recul de l'hélice, augmentant avec l'incidence, pousse le maximum plus loin ; le recul de l'hélice au plafond est dès lors déterminé, ainsi, par conséquent, que son rendement.

Ecrivons que la puisssance propulsive utile $2\pi\, n\Gamma\rho$, n étant le nombre de tours du moteur par seconde et Γ son couple, est égale à la puissance résistante de l'avion $X\varpi v^3$, et remplaçons v par sa valeur tirée de la 2e relation (13), nous obtenons :

$$(19) \qquad 2\,\pi\, n\, \Gamma\, \rho = \frac{X}{Y^{\frac{3}{2}}}\, \frac{P^{\frac{3}{2}}}{\varpi^{\frac{1}{2}}}.$$

Pour un avion déterminé, X, Y et ρ étant aussi déterminés au plafond, posons :

$$(20) \qquad 2\,\pi\,\rho\, \frac{Y^{\frac{3}{2}}}{X} = \psi\,;$$

il vient :

$$(21) \qquad \psi\, n\, \Gamma\, \varpi^{\frac{1}{2}} = P^{\frac{3}{2}}.$$

C'est cette relation simple qui permet de voir clairement comment varie le plafond quand on change le poids total P ou le couple Γ du moteur.

Examinons premièrement l'influence d'une variation de poids. Supposons que, pour des variations relativement modérées, le couple Γ du moteur soit proportionnel au poids spécifique ϖ de l'air, et posons :

$$\Gamma = A\,\varpi.$$

Alors (21) devient :

$$(22) \qquad \psi\, n\, A\, \varpi^{\frac{3}{2}} = p^{\frac{3}{2}}.$$

D'ailleurs (19) donne, dans la même hypothèse,

$$(23) \qquad 2\pi A\, n\rho = X\, v^3.$$

Comme, au plafond, n est proportionnel à v (puisque le recul de l'hélice est déterminé), on voit par cette équation que la vitesse v *au plafond est indépendante du poids total P de l'avion, et de même n, vitesse de rotation du moteur* ; et (22) prouve ensuite que ϖ est proportionnel à P.

Donc, si l'on compare les plafonds Z_1 et Z_2 correspondants à deux poids différents P_1 et P_2 du même avion, l'on a :

$$\frac{\varpi_2}{\varpi_1} = \frac{P_2}{P_1},$$

et, en prenant les logarithmes et utilisant la relation (9),

$$(24) \qquad \frac{Z_1}{B_1} - \frac{Z_2}{B_2} = \log \frac{P_2}{P_1}.$$

En particulier, si le coefficient B peut être considéré comme constant, cas de la stratosphère, ou encore des altitudes comprises entre 3 et 6 km,

$$(24') \qquad Z_1 - Z_2 = B \log \frac{P_2}{P_1}.$$

Voici un exemple de calcul qui nous servira plus loin. Supposons le cas de l'avion Bréguet, pesant primitivement, en ordre de marche, 1.600 kg, auquel on ajoute le turbo-compresseur qui, avec les accessoires, augmente le poids total de 80 kg. A l'ancien plafond de 6 km, le coefficient B, d'après la courbe 4 de la fig. 1, est sensiblement constant et égal à 21,7.

On a donc par (24') :

$$Z_1 - Z_2 = 21,7 \log \frac{1680}{1600} = 0,460.$$

Ainsi cette surcharge de 80 kg abaisse le plafond primitif de 460 m.

D'autre part, avec le turbo, le nouveau plafond s'élève à environ 10 km comme nous allons le voir ; à cette altitude, le coefficient B varie rapidement. En menant la tangente à la courbe 4 au point d'abscisse $Z = 10$, on remplace cette courbe, dans cette région, par la droite $B = 25,1 - 0,45\ Z = a - bZ$.

Or (24) donne, en traitant l'accroissement de $\frac{Z}{B}$ comme une différentielle,

$$\Delta \frac{Z}{a - bZ} = \frac{a\,\Delta Z}{(a - bZ)^2} = \log \frac{1680}{1600} = 0{,}0212\ ;$$

d'où

$$\Delta Z = 0{,}0212\,\frac{\overline{20{,}6}^2}{25{,}1} = 0{,}358\ \text{km},$$

soit seulement 358 m, au lieu de 460 dans le premier cas.

Voyons maintenant l'influence de l'augmentation du couple due à l'intervention du turbo. Ici, pour être aussi exact que possible, nous devons tenir compte du terme constant ν de la formule (18) du couple. Nous supposons, bien entendu, que, quand on adapte le turbo, on change l'hélice de manière à ramener la vitesse de rotation n du moteur aux mêmes chiffres. Il faut alors augmenter très notablement le pas et aussi, dans une moindre mesure, le diamètre, puisque la vitesse de l'avion est considérablement accrue. Le rendement de l'hélice s'en trouve amélioré. Négligeons cependant cette circonstance favorable. Dès lors, le facteur ψn de la formule (21) doit être considéré comme étant le même dans les deux cas. Admettons d'abord que le poids total P n'ait pas changé ; nous ferons ensuite la correction correspondante à la surcharge.

Pour l'avion sans turbo, on a, d'après (21),

$$(25) \qquad \psi\, n\, A\, (\varpi_1 - \nu)\, \varpi_1^{\frac{1}{2}} = P^{\frac{3}{2}}.$$

Pour l'avion muni du turbo, deux hypothèses principales sont à envisager.

1° Le turbo est calculé pour rétablir exactement le poids spécifique au sol quand l'avion vole au nouveau plafond. Alors (21) donne :

$$(26) \qquad \psi\, n\, A\, (\varpi_0 - \nu)\varpi_2^{\frac{1}{2}} = P^{\frac{3}{2}}.$$

En comparant (25) et (26), il vient :

$$(27) \qquad \varpi_2 = \varpi_1 \left[\frac{\varpi_1 - \nu}{\varpi_0 - \nu}\right]^2,$$

d'où l'altitude Z_2 correspondante en se servant de la courbe 4 de la fig. 1.

Exemple : Reprenons l'avion Breguet pesant 1.600 kg qui plafonne à 6 km, d'où $\varpi_1 = 0,661$, et supposons $\nu = 0,12$; d'ailleurs $\varpi_0 = 1,248$.

La relation ci-dessus donne $\varpi_2 = 0,152$, d'où

$$\frac{Z}{B} = \log \frac{1,243}{0,152} = 0,914\,;$$

et de la courbe 4, figure 1, par approximations successives très rapides,

$$Z = 16,4 \text{ km}.$$

Le nouveau plafond s'établirait donc à un peu moins de 3 fois la hauteur du premier.

A des altitudes moindres, le contraire se produirait ; le nouveau plafond se placerait à un peu plus de 3 fois la hauteur de l'ancien.

2° Le turbo est calculé pour augmenter le poids spécifique de l'air environnant toujours dans le même rapport m, à partir de l'altitude où il tourne à sa vitesse maximum.

Alors la relation (25) devient :

$$(28) \qquad \psi\, n\, A\, (m\,\varpi_2 - \nu)\, \varpi_2^{\frac{1}{2}} = P^{\frac{3}{2}}.$$

D'où, en comparant (25 et 28),

$$(29) \qquad (m\,\varpi_2 - \nu)^2\, \varpi_2 = (\varpi_1 - \nu)^2\, \varpi_1.$$

Supposons $m = 2$, que réalisent à peu près les turbos actuellement en service à condition que l'air soit suffisamment refroidi par les radiateurs, $\nu = 0,12$ et $\varpi_1 = 0,661$ qui correspond à $Z_1 = 6$ km, comme précédemment ; l'équation du 3e degré ci-dessus devient :

$$(\varpi_2 - 0,06)^2\, \varpi_2 = 0,0484,$$

qui se résout aisément avec la règle à calcul. On trouve ainsi :

$$\varpi_2 = 0,4055,$$

auquel correspond, d'après notre courbe 4 fig. 1,

$$Z = 10,045 \text{ km}.$$

Le plafond, à égalité de poids total de l'avion, se trouve donc exhaussé de 4045 m, et, en tenant compte de l'abaissement, déjà calculé, de 358 m, dû à la surcharge de 80 kg, il l'est bien réellement de 4.045 — 358 = 3.690 m en chiffre rond.

Si l'on négligeait la constante dans l'expression du couple, les formules se simplifieraient ; (29) deviendrait :

$$\varpi_2 = \frac{\varpi_1}{m^{\frac{2}{3}}}, \tag{30}$$

d'où, en prenant les logarithmes et se servant de la relation (9)

$$\frac{Z_2}{B_2} - \frac{Z_1}{B_1} = \frac{2}{3} \log m. \tag{31}$$

Pour l'exemple numérique précédent, on aura ainsi trouvé : $\varpi_2 = 0,4164$ et $Z_2 = 9,853$ km ; l'erreur eût été de 192 m par défaut, ce qui est sensible. Nous constatons ainsi que, à cette altitude, l'effet des résistances passives du moteur compense en majeure partie l'effet de la surcharge occasionnée par tout l'ensemble du dispositif de suralimentation.

Le coefficient B varie avec l'altitude, il va toujours en diminuant à mesure que l'altitude augmente ; mais, entre 3 et 6,5 km, il est sensiblement constant. Dès lors, si Z_2 et Z_1 restent dans ces limites, la formule (31) devient :

$$Z_2 - Z_1 = \frac{2}{3} B \log m, \qquad \text{avec } B = 21,8 ; \tag{31'}$$

et on voit que, dans ces conditions, la surélévation du plafond, due à l'emploi d'un turbo-compresseur qui multiplie par m le poids spécifique de l'air d'alimentation du moteur, est constante.

Mais, plus généralement, ce n'est pas exact. Puisque B_2 est plus petit que B_1, on a forcément, d'après (31),

$$Z_2 - Z_1 < \frac{2}{3} B \log m, \tag{32}$$

où on donne à B une valeur égale ou supérieure à B_1, par exemple B_1 qui correspond à l'altitude Z_1 de comparaison ; et, comme B va en diminuant, il en est de même de la surélévation du plafond. Si, par exemple, l'avion considéré précédemment avait eu un plafond à 10 km, au lieu de 6, on aurait trouvé, en faisant les calculs corrects par la formule complète (29), une surélévation de 3.400 m, au lieu de 4.045, à égalité de poids de l'avion, et une réduction de 310 m, au lieu de 358, pour une même surcharge relative, soit une surélévation nette de 3.000 m au lieu de 3.690.

Au reste, voici, pour bien préciser les choses, dans le tableau ci-dessous, les surélévations calculées par la formule (29) pour un avion plafonnant d'abord à 2.000 m, à 4.000 m, etc... (colonne 1) à égalité de poids de l'avion, après adjonction d'un turbo multipliant le poids spécifique de l'air par 2 (colonne 2) ou par 4 (colonne 3), en atmosphère normale.

Z_1	$Z_2 - Z_1$	
	m = 2	m = 4
2.000 m.	4.480 m.	8.325 m.
4.000 »	4.370 »	7.870 »
6.000 »	4.045 »	7.280 »
8.000 »	3.685 »	6.825 »
10.000 »	3.400 »	6.520 »

Ces valeurs de $Z_2 - Z_1$ sont bien, conformément à (32), inférieures à $\frac{2}{3}$ $B_2 \log m$, sauf les deux premières de chaque colonne ; ceci est dû à l'influence des résistances passives du moteur que négligent les relations simplifiées (31) et (32).

LES CABLES TÉLÉPHONIQUES SOUS-MARINS
KEY WEST — LA HAVANE (1).

Le système comprend 3 câbles sous papier krarupisés à un seul conducteur ; outre la liaison téléphonique, chacun de ces câbles procure deux voies télégraphiques, l'une à courant continu, l'autre à courant porteur.

On trouvera ci-après une description : 1° de la réalisation et de la construction des câbles ; 2° des méthodes d'appropriation ; 3° des appareils terminaux indispensables à un bon fonctionnement.

Le 11 avril 1921 a été inauguré le service téléphonique commercial entre les Etats-Unis et Cuba au moyen de trois câbles sous-marins posés dans le détroit de Floride entre Key West et La Havane. Ces câbles sont les plus longs et ceux qui sont placés à la plus grande profondeur de tous les câbles employés jusqu'à ce jour pour les communications téléphoniques. Leur longueur est de 186 à 195 kilomètres et ils sont posés sur des fonds qui atteignent, pour une partie du trajet, 1830 mètres de profondeur.

L'emplacement de ces câbles, ainsi que le parcours des lignes interurbaines les plus importantes des Etats-Unis et de Cuba sont montrés sur la figure 1.

Les câbles ont été installés par la Cuban-American Telephone and Telegraph C°, société fondée dans le but d'établir la liaison téléphonique entre les États-Unis et Cuba et de réaliser la communication entre les réseaux interurbains des deux pays.

(1) Communication faite par MM. W. H. Martin, G. A. Anderegg et B. W. Kendall, au 10e congrès de l' « American Institute of Electrical Engineers » (New York, février 1922), et publiée par le « Journal of the A.I. of E.E ».



La composition des câbles et les appareils qui ont été employés aux deux extrémités diffèrent des systèmes antérieurs à cause du service qu'ils doivent permettre d'obtenir, de la profondeur de la mer dans laquelle les câbles sont placés et de leur longueur.

Les caractéristiques principales du système sont indiquées dans le résumé ci-après des conditions à remplir et des moyens qui ont été employés pour résoudre les différents points du problème.

Pour assurer, au moyen de ces câbles, le service qui était désiré, il était nécessaire que les circuits téléphoniques fussent appropriés pour établir la communication entre des villes des Etats-Unis telles que New York et Chicago, distantes de Key West de 2510 et 3540 kilomètres respectivement, avec La Havane et d'autres villes de Cuba, île dont la longueur est d'environ 1126 kilomètres. On voulait également que les câbles permissent d'assurer un certain nombre de communications télégraphiques. Celles-ci sont obtenues en partie au moyen d'un système télégraphique ordinaire et en partie par des voies employant un courant porteur, de fréquences au-dessus de celles des courants téléphoniques.

Étant donné la profondeur à laquelle les câbles sont placés, ceux-ci sont du type à un seul conducteur, tel qu'il est généralement employé pour les câbles télégraphiques sous-marins dans les mers profondes, le retour du courant se faisant par la mer. Une modification importante de ce type de câble a dû être faite afin de rendre les circuits mieux appropriés à la transmission des courants téléphoniques et des courants porteurs à grande fréquence. Cette modification consiste à entourer l'isolant du conducteur central d'une gaine de rubans de cuivre formant un conducteur de retour non isolé.

Dans le but d'obtenir l'efficacité nécessaire au point de vue de la transmission téléphonique sur des câbles de cette longueur, les câbles sont « chargés » c'est-à-dire que l'inductance du circuit est augmentée par l'emploi de fer et des répéteurs du type thermo-ionique sont employés aux deux extrémités pour établir toutes les communications à travers les câbles.

Pour obtenir toutes les communications désirées à travers les

câbles, il a été nécessaire en outre d'installer aux États-Unis des lignes interurbaines convenables aboutissant à Key West, et des

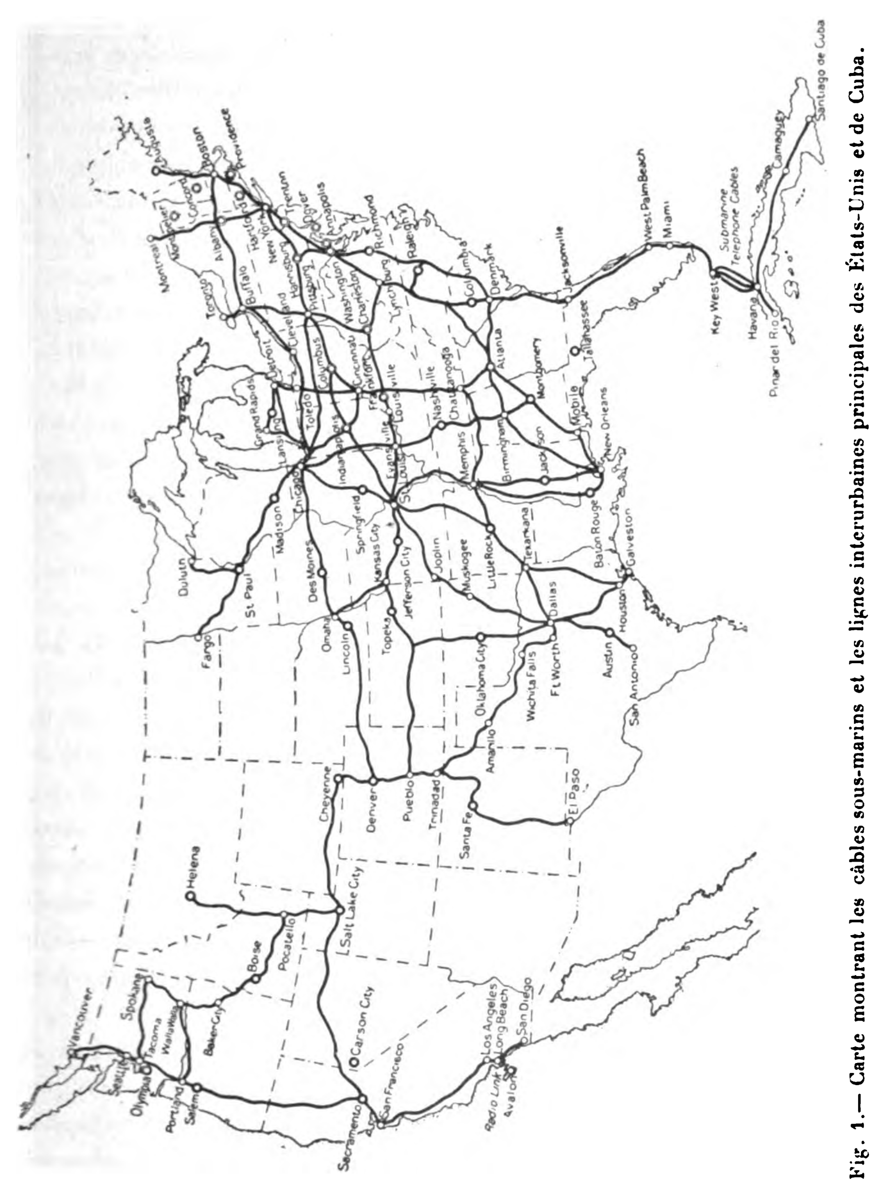


Fig. 1.— Carte montrant les câbles sous-marins et les lignes interurbaines principales des États-Unis et de Cuba.

répéteurs ont dû être placés dans les lignes interurbaines de Cuba.

Description générale du système

La construction d'une ligne aérienne le long de la digue de la côte est de la Floride, qui relie le chapelet de petites îles qui s'étendent au-delà de la pointe sud de la Floride a rendu possible l'atterrissage des câbles à Key West et a ainsi réduit sensiblement leur longueur. Les points d'atterrisage des câbles sont sur le côté ouest de l'entrée du hâvre de La Havane et sur le côté sud de l'île de Key West. Le premier de ces points à La Havane est placé à environ 1 km. 6 du bureau central téléphonique interurbain et le point d'atterrissage de Key West est à la même distance du bureau correspondant. Les distances entre les points d'atterrissage du câble et le bureau téléphonique ont été rendues aussi courtes qu'il était possible dans le but de diminuer au minimum les possibilités d'induction provenant des circuits de transmission divers avoisinants.

La profondeur de la mer dans le détroit de la Floride augmente graduellement en partant de Key West. A 9 kilomètres du rivage, la profondeur est d'environ 12 mètres ; à 28 kilomètres elle est de 214 mètres et à 65 kilomètres elle est de 915 mètres. De ce point jusqu'à environ cinq kilomètres et demi de La Havane, la profondeur varie entre 900 et 1.830 mètres ; elle est d'environ 1.600 mètres à 9 kilomètres de La Havane. Cette profondeur n'a pas permis de considérer l'emploi d'un câble isolé au papier comme il est d'usage pour les câbles téléphoniques terrestres ou pour ceux qui sont placés dans l'eau à de faibles profondeurs. Le câble qui convient le mieux pour les grandes profondeurs est le type de câble télégraphique sous-marin avec un isolement de gutta-percha ou d'une matière similaire.

Les anciens câbles sous-marins isolés à la gutta-percha ou au caoutchouc contenaient en général quatre conducteurs disposés de façon à donner trois et quelquefois quatre circuits téléphoniques. Deux de ces circuits étaient constitués en employant directement deux paires de fils, un troisième circuit était obtenu en combinant les deux premiers de façon à réaliser un circuit

fantôme ou combiné et quelquefois un quatrième circuit pouvait être employé en combinant les quatre fils en parallèle, la mer servant de conducteur de retour. Il était toutefois douteux que dans ce cas un câble de ce type puisse être suffisamment bien équilibré de façon que l'induction entre les circuits combinés et les circuits combinants soit assez faible pour permettre leur emploi simultané après que les transmissions auraient reçu les amplifications nécessaires.

En comparant un câble à quatre conducteurs avec un système consistant en trois câbles à un seul conducteur, les facteurs importants suivants ont été considérés :

1° La question d'induction entre les circuits ;

2° Le manque d'expérience pour la pose et la réparation des câbles à quatre conducteurs placés à de telles profondeurs ;

3° Les prix comparés des deux systèmes ;

4° La supériorité des câbles à un seul conducteur au point de vue de la sécurité dans la continuité du service.

L'examen de tous ces facteurs a conduit à l'adoption de câbles à un seul conducteur.

L'inductance d'un circuit peut être augmentée par l'insertion périodique de bobines de charge (Pupin) ou bien par une charge continue qui est constituée par un enroulement de fil de fer ou de ruban de fer autour du conducteur (Krarup). A cause de la grande profondeur de l'eau, l'emploi de bobines de charge était impraticable. La mise en place de ces bobines dans un câble cause aux points d'insertion des changements dans les dimensions et la construction du câble qui sont des sources de faiblesse, aussi bien à cause des tensions qui se produisent pendant la pose et pendant les réparations que par la nécessité de rendre le câble absolument étanche à l'eau qui, au point le plus bas, atteint une pression de plus de 140 kilos par centimètre carré. L'emploi de la charge continue dans ces conditions est avantageux, non seulement mécaniquement puisqu'elle donne une structure uniforme, mais aussi parce qu'elle permet d'assurer une impédance uniforme pour toutes les fréquences employées. Lorsqu'on répare un câble muni de bobines de charge et placé dans une mer profonde, il est pra-

tiquement impossible de maintenir l'espacement régulier des bobines, ce qui est nécessaire pour assurer l'uniformité d'impédance. Cette uniformité est importante pour obtenir une balance exacte entre l'impédance du câble et celle d'un réseau artificiel qui est nécessaire pour l'emploi de répéteurs amplifiant les courants téléphoniques dans les deux sens.

Les câbles ont été étudiés de façon à ce que les communications entre New York et La Havane soient assurées avec un équivalent de transmission de moins de 15 milles de câble standard (câble d'une résistance de 88 ohms et d'une capacité de 0.054 mf. par mille). Comme l'équivalent de transmission du circuit New York-Key West est d'environ 10 milles, la somme des amplifications effectuées aux deux extrémités du câble doit être telle qu'elle donne au câble une efficacité de transmission de moins de 5 milles. On avait déterminé que des câbles pouvaient être faits pratiquement avec un équivalent de transmission d'environ 25 milles. Ceci demande donc que les amplifications des deux extrémités du câble soient d'environ 10 milles. Comme les inductions produites sur un tel câble par les circuits de distribution de force, par les autres systèmes de communication et aussi par les troubles dus à des causes naturelles et par les inductions entre les câbles eux-mêmes sont également amplifiées, les exigences en ce qui concerne ces divers facteurs furent en conséquence rigoureuses.

Pour réduire aux extrémités des câbles les inductions possibles provenant des réseaux électriques, des circuits à deux fils sont placés entre les bureaux téléphoniques et les points d'atterrissage, et les câbles sous-marins sont connectés à ces lignes à travers des transformateurs, de telle sorte que celles-ci sont équilibrées par rapport au sol. Le fonctionnement des télégraphes à courant ordinaire sur ces câbles nécessite cependant que les connexions soient arrangées pour établir les liaisons télégraphiques en dehors de ces transformateurs.

Fonctionnement des cables a un seul conducteur avec charge continue

Les études préliminaires des résultats qu'on pouvait espérer de l'emploi d'un câble à charge continue avec retour par la mer pour la télégraphie et la téléphonie simultanées avaient montré que le fonctionnement satisfaisant dépendait d'un certain nombre de facteurs sur lesquels on n'avait encore que peu d'informations : l'effet du retour par la mer sur l'atténuation des courants alternatifs, les inductions provenant des troubles électriques naturels et des réseaux électriques avoisinant les extrémités du càble, l'induction entre les câbles et l'action réciproque entre les courants de différentes fréquences résultant de ce que leurs champs magnétiques se trouvaient superposés dans le fer employé pour augmenter l'inductance du câble.

L'effet du retour par la mer pour les câbles à un seul conducteur employés dans la télégraphie sous-marine est peu important parce qu'en fait il ne se manifeste pas d'une manière appréciable pour les basses fréquences qui sont employées. Pour les courants continus, la section du conducteur de retour est très large et sa résistance est faible quoique la résistivité de l'eau de mer soit relativement grande et de l'ordre de dix millions de fois celle du cuivre. Pour les courants alternatifs cependant les courants de retour sont concentrés au voisinage du câble et la résistance du circuit de retour est plus grande. Le rapprochement des courants de retour augmente avec la fréquence et par conséquent la résistance du circuit de retour devient plus grande. Pour les fréquences de l'ordre téléphonique et au-dessus, les courants de retour sont localisés dans l'armature de fil d'acier placée autour du câble et dans la masse d'eau placée juste autour de l'isolant. Cette petite section d'eau réellement utile et les pertes dans l'armature font que la résistance du circuit de retour devient une part importante de la résistance totale du circuit et a par suite une influence importante sur l'atténuation. Les résultats de quelques mesures de la résistance d'un retour par la mer pour les

fréquences téléphoniques qui avaient été faites par des ingénieurs français et anglais ont été publiés en 1913 (1) dans un article examinant les différents facteurs qui interviennent dans l'emploi de câbles téléphoniques à un seul conducteur.

A l'occasion de l'étude du projet de câbles Key West-La Havane, des recherches théoriques ont été faites pour déterminer comment la résistance du circuit de retour par la mer est affectée par les dimensions et la construction des câbles et de combien elle varie avec la fréquence. Ce travail, outre qu'il donnait une base pour les recherches de l'effet des dimensions du câble et du nombre de fils de l'armature sur la résistance du retour, a rendu possible aussi le calcul de l'effet d'une méthode qui fut proposée pour réduire les pertes dans les circuits de retour en munissant le câble d'un circuit à faible résistance pour le retour. Une vieille pratique employée lorsqu'il était nécessaire de protéger l'isolement contre les tarets était d'envelopper l'isolant de gutta-percha avec un fin ruban de laiton ou de cuivre. Ce ruban conducteur a fait penser à l'emploi d'une bande épaisse de cuivre qui, étant placée juste au-dessus de l'isolant, se trouverait dans la position que le courant de retour à grande fréquence cherche naturellement à occuper. Avec cette construction, les courants des fréquences les plus basses se divisent entre l'eau de mer, les fils de l'armature et les rubans de cuivre, mais, au fur et à mesure que la fréquence augmente, la partie qui retourne à travers les rubans s'accroît jusqu'à ce que finalement, pour les fréquences téléphoniques les plus élevées, tout le courant retourne pratiquement par les rubans de cuivre. La résistance de ces rubans est par conséquent la limite supérieure de la résistance du circuit de retour. En donnant à ce chemin une résistance suffisamment basse, il est possible d'accroître sensiblement l'efficacité du câble. En outre, l'emploi d'un ruban de cuivre placé au-dessus de l'isolant constitue une dépense relativement peu importante. La quantité de cuivre qui peut être placée est seulement une question mécanique, car lorsque les rubans sont

(1) Devaux-Charbonnel, *Journal télégraphique*, 25 mai et 25 juin 1913.



faits plus épais, ils sont plus rigides et il y a danger de détériorer l'isolant lorsque le câble est plié. On a trouvé que l'idée de placer un ruban conducteur pour le circuit de retour n'était pas nouvelle, mais les recherches qui ont été faites n'ont pas pu déterminer si cette méthode avait été employée déjà et aucune information n'avait été publiée en ce qui concerne l'efficacité de ce procédé. Cette méthode de construction donne un câble du type concentrique dans lequel le cylindre extérieur est en contact avec l'eau. Outre l'avantage obtenu en ce qui concerne la résistance du circuit de retour, l'emploi d'un ruban de cuivre a pour effet de réduire le champ extérieur du câble et par suite il diminue l'induction entre des câbles voisins, ainsi que l'induction provenant de sources électriques extérieures.

Afin d'obtenir des données expérimentales relatives à l'induction et à l'effet de retour par la mer sur des câbles sous-marins, la British Columbia Telephone C° a autorisé des essais sur son câble allant à l'île de Vancouver; de même la Western Union Telegraph C° a permis d'essayer les câbles télégraphiques de Cuba à Key West et le Gouvernement des États-Unis a permis de faire des essais sur un câble de Key West à Sand Key, petite île située à une quinzaine de kilomètres de Key West et sur laquelle sont placés un phare et une station météorologique.

Le câble de Vancouver est un câble à gutta-percha à quatre conducteurs, muni d'une enveloppe protectrice de laiton enroulée autour du groupe des quatre conducteurs isolés. Des mesures ont été faites du circuit de retour par la mer, du mélange avec d'autres circuits avec retour par la terre et de l'induction provenant d'un câble télégraphique appartenant à la Canadian Pacific Railroad qui est parallèle au câble téléphonique. De plus, des essais furent faits pour obtenir quelques indications sur l'intensité du mélange qui pourrait se produire entre les circuits combinants et le circuit combiné dans un tel câble, ainsi que de la régularité de l'impédance d'un câble à inductance continue. On a également fait des essais relatifs à l'action réciproque entre les courants des télégraphes et les courants téléphoniques. Il a été

trouvé que la superposition dans l'enroulement de fer des champs produits par ces deux courants accroît l'atténuation du circuit pour les courants téléphoniques. Cet effet a été appelé « l'effet de battement » (flutter effect).

Les câbles de la Western Union sont à un seul conducteur non chargé, à isolement de gutta-percha et avec un ruban protecteur. On a mesuré les inductions sur ces câbles et aussi le mélange entre les câbles.

Le câble de Sand Key est un câble à quatre conducteurs, non chargé, isolé au caoutchouc, sans ruban de protection. Sur ce câble, on a mesuré l'effet du retour par la mer et les inductions.

Il y a lieu de noter que les mesures de la résistance du retour par la mer pour les courants téléphoniques ne peuvent pas être faites directement. La résistance du circuit de retour a été déterminée d'après des mesures de l'impédance du circuit, des mesures de l'atténuation et d'après les constantes des câbles telles qu'elles ont pu être obtenues par des essais sur de petites longueurs. La résistance du conducteur lui-même était reconnue par des essais faits sur des circuits métalliques. Pour le câble de Vancouver, ces mesures comprenaient les effets de la charge sur la résistance du circuit pour les courants alternatifs.

L'importance de l'effet du retour par la mer ainsi déterminée a vérifié d'une manière approchée les mesures théoriques. Dans le cas du câble de Vancouver, cette vérification nécessitait la prise en considération du mince ruban de protection en laiton qui avait un effet appréciable. On a trouvé aussi que les inductions provenant soit de causes naturelles, soit des circuits de transmission de force ne seraient pas gênantes même pour des amplifications plus grandes que celles qui étaient nécessaires pour les câbles de Key West-La Havane. Les essais de mélange entre les câbles de Vancouver qui sont éloignés d'environ 1.800 mètres sur toute leur longueur d'environ 55 kilomètres n'ont donné aucune trace d'induction d'un câble sur l'autre. L'essai des câbles de la Western Union qui se terminent dans la même guérite à Key West a donné un mélange maximum de moins de 10 unités à 1.000 périodes (une unité de mélange étant le

rapport de 1 à 1.000.000 entre le courant dans le circuit induit et le courant dans le circuit inducteur). Les essais de battement sur les câbles de Vancouver montrèrent que si l'intensité de courant des différents systèmes utilisant le même câble restait dans des limites raisonnables, cet effet ne pourrait pas causer des perturbations même sur des câbles plus longs.

Les résultats de ces essais ont éliminé la question d'induction importante et de mélange entre les câbles à un seul conducteur placés dans les conditions qui étaient envisagées. Ils ont vérifié que l'effet du retour par la mer était important, mais comme ils ont donné une vérification des calculs théoriques, ils ont montré que cet effet pouvait être déterminé en estimant l'effet des gros rubans de cuivre placés pour diminuer la résistance du retour par la mer.

CONSTRUCTION DU CABLE

Conducteur. — Pour obtenir la flexibilité et une grande sécurité contre la rupture, il est d'usage de constituer le conducteur central d'un câble sous-marin non pas par un seul fil, mais par un fil central entouré soit par une couche de fils de cuivre, soit par une couche de minces rubans de cuivre. Dans le cas présent, cette dernière construction a été employée parce qu'elle donne une surface bien lisse, ce qui est avantageux pour le placement des fils de fer destinés à augmenter l'inductance. Le conducteur consiste en un fil de cuivre rond de 2,92 m/m de diamètre entouré par cinq rubans de cuivre ayant chacun 1,96 m/m de large et 0,32 m/m d'épaisseur. Ce conducteur pèse 159 kilos par mille marin (1 km. 86). La résistance spécifiée ne devait pas dépasser 3,52 ohms par mille marin à 24° C.

Charge. — Le câble est chargé au moyen d'une seule couche de fil de fer de 0,2 m/m de diamètre, placé en spires jointives directement sur le conducteur en cuivre. Il y a environ 47 spires de ce fil par centimètre de conducteur. Bien qu'on eût pu faire un câble d'une efficacité égale pour la transmission des courants téléphoniques en employant un conducteur d'un diamètre plus petit avec une charge plus importante obtenue par l'emploi de

plusieurs couches de fil de fer ou d'un fil de fer plus épais ou des deux, les exigences imposées par l'emploi des télégraphes par courants porteurs rendaient l'emploi d'une charge légère préférable, comme il sera montré plus loin.

Isolement. — Le conducteur central chargé est traité à la composition Chatterton et isolé avec une mixture de gutta-percha appliquée en trois couches. La quantité d'isolant est de 143 kilos par mille marin, ce qui donne une épaisseur d'isolant d'environ 3,4 m/m. Étant donné que le câble est chargé et qu'il est destiné à être employé avec des courants à haute fréquence, cela a demandé une conductance du diélectrique très faible pour les courants alternatifs, ce qui a entraîné l'emploi d'une mixture spéciale de gutta-percha.

Conducteur de retour. — Ainsi qu'il a été expliqué plus haut, des rubans de cuivre ont été placés autour du fil isolé pour diminuer les pertes causées par le retour par la mer. La construction a été faite de la façon suivante : un ruban de cuivre de 25,4 millimètres de large et 0,1 m/m d'épaisseur est appliqué directement sur l'isolant avec un pas assez court pour obtenir un chevauchement satisfaisant ; sur ce ruban, sont placés deux autres rubans de cuivre plus épais ayant chacun 15,9 m/m de large et 0,56 m/m d'épaisseur ; ces deux rubans sont placés avec un pas plus allongé et sont posés à côté l'un de l'autre, leurs bords ne se touchant pas tout à fait. L'ensemble des rubans pesant approximativement 390 kilos par mille marin donne un conducteur de retour avec une résistance au courant continu d'environ 1,65 ohms par mille marin. Le ruban mince qui est d'abord appliqué directement sur l'isolant fournit également la protection contre les dégradations des tarets.

Prise de terre. — Le conducteur central et le conducteur de retour non isolés, tels qu'ils ont été décrits ci-dessus s'étendent à travers la longueur totale du câble. Dans les câbles télégraphiques sous-marins, il est d'usage, dans les cas où il est spécialement important de réduire autant que possible l'induction provenant des sources extérieures, de construire les parties du câble près des deux extrémités avec deux conducteurs, de telle sorte

que le circuit de retour soit amené à une certaine distance avant d'être relié à la terre. Conformément à cette pratique, une partie du câble à chaque extrémité a été faite à deux conducteurs. Dans ces parties, le conducteur de retour est semblable au conducteur normal, mais sans fil de fer. Il est isolé de la même manière et le mince ruban protecteur en cuivre est placé, mais il n'y a pas de ruban de cuivre épais. A l'extrémité, chacun de ces conducteurs de prise de terre est relié par soudure électrique aux rubans de cuivre du câble.

Armature. — L'armature protège le câble et lui donne la résistance mécanique nécessaire pour permettre d'en effectuer la pose et de le relever en cas de réparation. Conformément à la pratique habituelle, la dimension et le nombre des fils de l'armature varient suivant l'emplacement, en tenant compte de différents facteurs tels que la profondeur, la nature du fonds et les courants. Les portions du câble placées près de l'atterrissage où, à cause du peu de profondeur relative de l'eau, le câble est plus sujet à être endommagé, ont le fil de l'armature le plus fort qui est dans ce cas de 7,6 m/m. Les portions du câble qui sont placées dans les eaux les plus profondes sont armées avec un fil ayant un diamètre de 2,6 m/m. Les portions intermédiaires du câble sont munies de fil d'armature dont le diamètre est de 4,9 m/m. Le fil d'armature de 2,6 m/m, qui est employé dans les portions du câble des grandes profondeurs, est un fil d'acier à ressort dans le but de donner une grande résistance à la traction, tandis que les fils d'armature des extrémités du câble et des parties intermédiaires sont en fer doux. Les fils de l'armature, dans tous les cas, sont galvanisés et recouverts d'un compound de protection avant d'être enroulés sur le câble. Les fils de l'armature du câble placé dans les eaux profondes sont en outre enveloppés individuellement d'un ruban imprégné, dans le but de protéger le fil et de rendre le câble plus flexible en maintenant les fils séparés.

Avant que l'armature soit posée, l'âme du câble est entourée d'un filin en jute tanné qui est appliqué en une ou plusieurs couches, de façon à former un lit pour les fils de l'armature.

Dans les portions du câble placées près de l'atterrissage et qui sont à deux conducteurs, les deux conducteurs sont torsadés avec un pas relativement long et du jute tanné est placé dans les interstices entre les deux âmes avant que le filin de jute soit placé pour envelopper l'ensemble des deux fils.

La partie extrême du câble sur une certaine longueur est construite avec chaque conducteur isolé recouvert d'un tube de plomb de façon à la protéger de la lumière et de l'air qui détérioreraient la gutta-percha des câbles dans les portions qui peuvent sortir de l'eau.

Les longueurs des différents types diffèrent quelque peu dans les trois câbles à cause des différences de parcours. D'une manière générale, le type de câble avec l'armature la plus forte s'étend jusqu'à une profondeur d'environ 180 mètres et le type intermédiaire de ce point jusqu'à celui où la profondeur est d'environ 450 à 550 mètres. Entre ces points, le type de câble pour eaux profondes est employé. Cet arrangement fait que le câble à armature renforcée est conduit beaucoup plus loin de Key West que de La Havane à cause de l'inclinaison plus faible du fond de la mer à Key West. Pour la même raison, le câble à deux conducteurs qui prévoit un conducteur de retour pour la prise de terre est employé sur une longueur plus grande en partant de Key West. Les longueurs approximatives de chaque type de câble installé sont données pour chaque câble dans le tableau 1.

Les détails de la construction des différents types de câble avec leurs dimensions relatives sont montrés sur la figure 2. Le diamètre extérieur du câble le plus gros est d'environ 61 m/m et celui du câble pour eaux profondes est de 30 m/m.

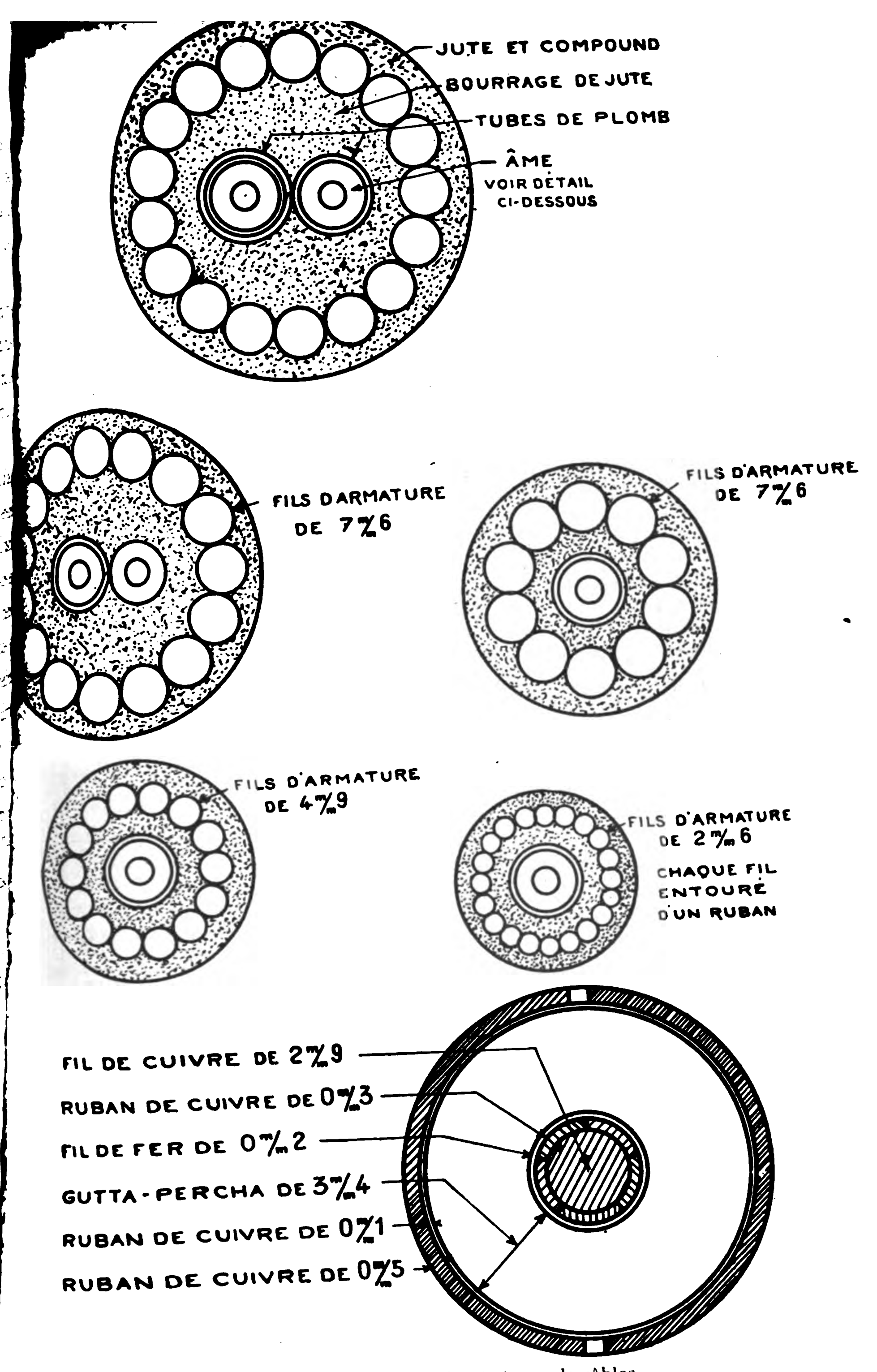


Fig. 2. — Coupes des différents types de câbles.

TABLEAU I

LONGUEURS DES DIFFÉRENTS TYPES DE CHAQUE CABLE

Type de câble	Armature	Long. en milles marins*		
		Câble Ouest	Câble Centre	Câble Est
		—	—	—
	Extrémité Key West.			
Câble d'atterrissage à 2 conducteurs sous plomb	17 fils de 7,6 mm.	0,2	0,2	0,2
Câble d'atterrissage à 2 conducteurs isolés sans plomb	15 fils de 7,6 mm.	3,0	3,6	3,0
Câble d'atterrissage à un seul conduct.	10 fils de 7,6 mm.	14,0	9,5	10,5
Câble des profondeurs intermédiaires	14 fils de 4,9 mm.	10,5	10,5	9,5
Câble des eaux profondes	20 fils de 2,6 mm.	73,3	74,5	79,2
Câble des profondeurs intermédiaires	14 fils de 4,9 mm.	1,5	1,0	1,0
Câble d'atterrissage à deux conducteurs isolés sans plomb	15 fils de 7,6 mm.	1,8	1,3	1,3
Câble d'atterrissage à 2 conducteurs sous plomb	17 fils de 7,6 mm. *Extrémité La Havane.*	0,2	0,2	0.2
	Totaux	104,2	100,5	104,9

*Un mille marin équivaut à 1855 mètres. La longueur totale de câble placée dans les trois parcours telle qu'elle est donnée ci-dessus est un peu plus grande que la longueur réelle du trajet dans le but de prévoir un peu de mou.

Fabrication et essai des cables

Les câbles ont été fabriqués par la Telegraph Construction and Maintenance C° Ltd de Londres.

Étant donné que, sur beaucoup de points, la structure de ces câbles est similaire à celle des câbles télégraphiques sous-marins isolés à la gutta-percha, la fabrication a été conduite d'après les mêmes principes que ceux qui sont employés pour ceux-ci.

En quelques mots, la méthode de fabrication est la suivante :

le conducteur central est fait en enroulant autour d'un fil de cuivre central une couche de fil de cuivre plus fin ou un mince ruban de cuivre. Le conducteur est ensuite recouvert d'un isolant à la gutta-percha qui est généralement appliqué en deux ou trois couches, de façon à diminuer les possibilités d'un défaut traversant totalement l'enveloppe isolante. Avant d'appliquer la gutta-percha, le conducteur est recouvert d'une mince couche de compound de chatterton, de façon à remplir les interstices dans les conducteurs et à augmenter l'adhérence entre les conducteurs et la gutta-percha. Le conducteur ainsi isolé forme l'âme qui est fabriquée en longueurs d'environ 1 1/2 à 3 milles marins (2,8 à 5,6 kilomètres) suivant le poids de l'âme. En général, il est nécessaire de fabriquer des longueurs plus petites pour une âme lourde que pour une âme légère.

Après que les fils isolés ont été inspectés et essayés, les âmes sont entourées d'un filin en jute tanné en une ou plusieurs couches, de façon à former un lit pour les fils de l'armature. Dans le cas où le câble doit être protégé contre les tarets, l'âme, avant d'être enveloppée de jute, est recouverte d'un ruban de métal (généralement du laiton) placé en spires se recouvrant. Soit avant soit après avoir été enroulées avec l'enveloppe de jute, plusieurs longueurs d'âme sont assemblées de façon à former des longueurs plus grandes. Ensuite, le conducteur passe dans la machine à armer qui applique les fils de l'armature. Les fils galvanisés de l'armature, avant d'être employés, sont couverts d'un compound destiné à les préserver de la corrosion et la machine à armer applique sur ces fils une enveloppe de filin de jute goudronné ou un bourrage de coton spécial connu sous le nom de ruban Hessian. Entre les fils de l'armature et ces enveloppes aussi bien qu'entre et par dessus les différentes enveloppes, des couches de compound préservateur sont appliquées. En sortant de la machine à armer, le câble est directement enroulé dans les réservoirs de câbles de l'usine où il est badigeonné avec un lait de chaux de façon à éviter que les différentes spires se collent entre elles et où il est emmagasiné dans l'eau jusqu'à ce qu'il soit transféré dans des réservoirs similaires placés sur le bateau servant au transport et à la pose.

Lorsqu'on fait l'épissure de deux conducteurs de câble soit à l'usine soit sur le bateau, le joint est d'abord fait entre les deux conducteurs et les isolants des deux portions du câble. Sur ce joint, est placée l'enveloppe de jute qui est remise à la main; ensuite les fils de l'armature qui ont été préalablement déroulés sur une certaine longueur et mis de côté sont replacés de telle façon que les fils de l'armature d'un des câbles s'étendent sur une longueur d'environ 4 m. 50 ou plus sur les fils de l'autre câble. Après avoir remis les fils de l'armature en place, l'épissure est entourée de plusieurs couches de fil de fer galvanisé placé en spires bien serrées et l'ensemble est recouvert d'une enveloppe de filin de jute goudronné.

Dans la fabrication du câble, l'application du fil de fer destiné à augmenter l'inductance du conducteur a nécessité une opération qui, à cause de sa lenteur, a été le facteur le plus important du délai nécessaire à la fabrication. Les rubans conducteurs épais en cuivre qui sont appliqués au-dessus de l'âme ne pouvaient, à cause de leur poids, être employés qu'en longueurs assez courtes d'environ 60 mètres. Les différentes portions successives de ce ruban étaient assemblées par soudure autogène. Une soudure ou une brasure auraient nécessité l'emploi d'un métal différent de celui du ruban, ce qui aurait augmenté la tendance à la corrosion électrolytique au contact de l'eau de mer.

Pendant sa fabrication, le câble a été soumis à l'inspection ordinaire mécanique et à des essais électriques. L'âme fut fabriquée en longueurs d'environ deux milles marins (3 km. 7). Ces longueurs, après 14 jours d'immersion dans l'eau, étaient essayées à une température de 24° C. de façon à mesurer la résistance, l'isolement et la capacité. Pendant la mise en place de l'enveloppe de jute et de l'armature, des essais électriques étaient faits fréquemment de façon que lorsqu'un défaut se produisait, il pouvait être immédiatement décelé et la partie défectueuse était enlevée ou réparée. Des mesures électriques ont été faites encore sur le câble terminé à différents moments, pendant et après la fabrication, pendant le chargement sur le bateau et pendant le transport et la pose du câble.

En plus de ces essais qui sont courants pour tous les câbles sous-marins isolés à la gutta-percha, des mesures supplémentaires ont été faites sur les câbles. L'inductance et la capacité de chaque longueur de conducteur ont été mesurées par des méthodes utilisant des courants alternatifs. Un grand nombre de petites longueurs de conducteur choisies de façon à représenter toutes les parties du câble ont été mesurées au point de vue de la capacité et de l'inductance à 1000 périodes par seconde et 24° C. On a trouvé que la capacité mesurée par la méthode du galvanomètre à courant continu différait de moins de un pour cent de la capacité obtenue par les mesures au courant alternatif d'une fréquence de 50 ou de 1000 périodes.

Le tableau II donne les valeurs moyennes par mille marin de plusieurs constantes électriques telles quelles ont été mesurées sur les conducteurs isolés à la température de 24° et 14 jours après leur application.

TABLEAU II

Résistance au courant continu..................	3,32 ohms.
Capacité — —	0,311 microfarads.
Résistance d'isolement après une minute d'électrification, courant continu.......................	920 mégohms.
Self-induction à 1000 périodes...................	4,35 milhenrys.
Conductance à 1000 périodes....................	12,8 micromhos.

Les valeurs correspondantes du câble terminé après la pose sont pour certains points sensiblement différentes. La résistance d'isolement est plus grande dans le câble posé parce qu'elle s'accroît à la fois avec le temps et à cause de la température plus basse du fond de la mer. La conductance à 1000 périodes décroît avec le temps, mais elle est augmentée par suite de la température plus basse ; ces deux effets tendent à se contrebalancer l'un l'autre. La self-induction pour le câble terminé correspond à celle d'un conducteur central chargé avec un circuit de retour cylindrique concentrique, alors que l'inductance mesurée sur les longueurs individuelles est celle d'un conducteur isolé à la gutta-percha chargé, mais en forme bifilaire. La résistance des conduc-

teurs est différente à cause de la température plus basse des câbles placés dans la mer.

Ces mesures très complètes furent faites de façon à obtenir des données concernant les propriétés électriques du câble et des différentes longueurs de fil isolé. Les valeurs obtenues pour les différentes longueurs de câble ont été employées de façon à permettre de placer ces longueurs dans le meilleur ordre, de façon à rendre l'impédance aux deux extrémités du câble aussi uniforme que possible pour toutes les fréquences nécessaires à la transmission téléphonique.

Pose du cable

Le navire câblier arriva à Key West le 7 février 1921 et, après quelques travaux préliminaires tels que l'acquisition de barques et de cordages et après avoir pris les arrangements nécessaires avec les autorités gouvernementales, les opérations de pose du câble furent commencées.

Aux endroits où la mer était assez profonde, les câbles furent posés directement du navire qui les avait amenés depuis la fabrique de câbles jusqu'au détroit de Floride. Dans les eaux moins profondes, les câbles furent posés au moyen d'une barque ou d'une allège halée par un cordage. La suite des opérations de pose des câbles fut la suivante : d'abord une longueur d'environ 11 ou 15 kilomètres fut mise en place au moyen d'une barque à Key West. La barque, avec sa longueur de câble, fut amenée aussi près que possible de la guérite de Key West. Le bout extrême du câble de Key West fut tiré de la barque au rivage, posé dans une tranchée sur la plage et terminé dans la guérite. Pour faciliter cet atterrissage, la portion entre la barque et la guérite était supportée par intervalles au moyen de barils vides auxquels le câble était attaché par des cordages de façon à ce qu'il flotte sur l'eau. Après que l'extrémité du câble eut atteint le rivage, la plus grande partie du câble restant dans la barque et dont la longueur avait été déterminée convenablement a été posée jusqu'à un point de la mer dont la profondeur était suffisante pour le navire câblier. A ce point, l'extrémité du câble a été isolée et jetée sur le fond

après avoir été attachée à une bouée destinée à indiquer la position d'extrémité du câble. Ensuite, le bout de ce câble a été relevé par le câblier et épissuré avec la longueur suivante qui a alors été posée par le navire jusqu'au point où le type intermédiaire de câble finissait, point qui, ainsi qu'il a été expliqué ci-dessus, était tel que la profondeur de la mer était d'environ 450 à 550 mètres. Cette extrémité fut à nouveau isolée et jetée à la mer après avoir été attachée à une bouée. Ensuite une petite longueur de câble d'atterrissage fut posée par la barque depuis la guérite de La Havane et épissurée au câble qui fut alors posé par le bateau depuis un point près La Havane jusqu'au point où la bouée indiquait l'emplacement de l'extrémité du câble intermédiaire qui avait été précédemment posé.

Après avoir relevé l'extrémité reliée à la bouée, l'épissure finale a alors été faite sur le bateau de façon à connecter la première portion de câble posée près de Key West avec le câble venant de La Havane et le travail de pose fut terminé en laissant tomber à la mer cette épissure finale.

Après l'achèvement de la pose des trois câbles, les essais finals d'acceptation ont été faits aux extrémités des câbles dans la guérite de Key West ; ces essais comportaient seulement les mesures qui sont couramment faites sur les câbles télégraphiques sous-marins, c'est-à-dire mesure de la résistance au courant continu, de la résistance d'isolement pour le courant continu et de la capacité pour le courant continu. Le but de ces essais était simplement de déterminer les propriétés des câbles pour le courant continu et de s'assurer de l'intégrité des câbles en ce qui concerne leurs propriétés électriques.

Le résultat de ces essais est montré sur le tableau III qui donne, par mille marin, les valeurs mesurées.

Les essais furent terminés le soir du 25 février 1921 ; le 26 février, l'excédent et la réserve de câble furent livrés dans le réservoir d'emmagasinage de Key West et les câbles furent définitivement acceptés.

TABLEAU III

	Câble Ouest	Câble Centre	Câble Est
	—	—	—
Résistance du conducteur-ohms	3.13	3.11	3.11
Capacité en microfarads	0.315	0.316	0.314
Résistance d'isolement après une minute d'électrification, en mégohms	8.900	7.600	8.500

Caractéristiques des cables

Étant donné que le circuit de retour d'un câble à un seul conducteur comprend la mer, le fonctionnement des câbles ne pouvait pas être déterminé avec précision avant qu'ils soient posés. Les longueurs de câbles posées sont telles que les mesures des constantes pour les fréquences téléphoniques et les fréquences des courants porteurs : résistance, inductance, capacité, isolement, ne peuvent pas être faites directement. Les constantes secondaires, impédance et atténuation, peuvent être mesurées et ces données combinées avec les résultats obtenus par des essais sur de petites longueurs de câbles ont servi à déterminer par le calcul les constantes primaires.

Après la réception, des mesures complètes au courant alternatif ont été faites sur les trois câbles, les fréquences variant de 100 à 6000 périodes. Ces essais comprenaient des mesures du rapport du courant reçu à une extrémité du câble à celui envoyé à l'autre extrémité et des mesures de l'impédance à chaque extrémité du câble avec l'autre extrémité fermée à travers l'impédance caractéristique du câble. Au moyen des mesures du rapport du courant reçu I_2 au courant envoyé I_1, le coefficient d'atténuation α par mille marin de chacun des câbles a été calculé au moyen de la relation :

$$e^{-L\alpha} = \frac{I_2}{I_1}$$

dans laquelle L est la longueur en mille marin. Ces valeurs pour une série de fréquences sont données au tableau IV. On peut voir d'après ce tableau que les constantes pour les trois câbles

ne diffèrent pas d'une façon sensible. La moyenne des atténuations pour les trois câbles est montrée par la courbe de la figure 3.

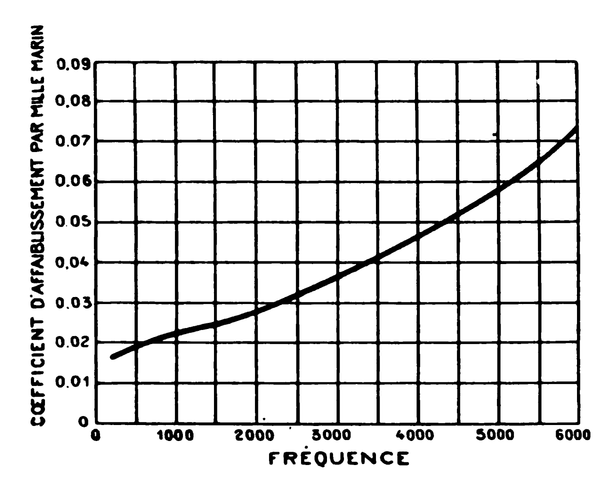


Fig. 3. — Coefficient moyen d'affaiblissement des câbles.

L'équivalent de transmission du câble central qui est le plus court est montré par la courbe de la figure 4 en milles de câble standard à 800 périodes (l'atténuation d'un mille de câble standard à 800 périodes est 0.109). Cette figure montre en outre l'équivalent de transmission combinée des appareils de combinaison dans les deux guérites et des câbles terrestres aux deux extrémités entre les guérites et les bureaux et aussi l'équivalent de transmission du circuit total entre le bureau de Key West et le bureau de La Havane.

Le tableau V donne l'équivalent total du circuit du câble central entre les deux bureaux et les rapports du courant reçu au courant envoyé.

TABLEAU IV

COEFFICIENT D'ATTÉNUATION PAR MILLE MARIN

Fréquence Périodes par seconde	Câbles Ouest	Câbles Centre	Câbles Est	Moyenne
—	—	—	—	
200	0.0170	0.0165	0.0168	0.0168
500	0.0196	0.0197	0.0190	0.0194
1000	0.0216	0.0216	0.0216	0.0216
2000	0.0278	0.0278	0.0278	0.0278
3000	0.0357	0.0361	0.0371	0.0363
4000	0.0450	0.0460	0.0470	0.0460
5000	0.0558	0.0574	0.0594	0.0575
6000	0.0710	0.0716	0.0748	0.0725

TABLEAU V

EQUIVALENTS DE TRANSMISSION DU BUREAU DE KEY WEST AU BUREAU DE LA HAVANE

Fréquence	Equivalent en mille de câble standard pour 800 périodes.	Rapport des courants
200	19.8	0.116
500	19.4	0.121
1000	20.8	0.104
2000	27.2	0.0516
3000	35.7	0.0204
4000	46.0	0.00664
5000	58.0	0.00180
6000	72.7	0.00036

La variation des composantes de résistance et de réactance formant l'impédance du câble est montrée sur la figure 5. Les déviations des courbes par rapport à celles qui seraient obtenues si le câble était absolument uniforme dans toute sa longueur sont de moins de trois pour cent. Avec ces mesures et avec les résultats des essais faits dans la fabrique du câble, il est possible, au moyen de calculs, d'estimer très exactement les constantes des câbles. Les moyennes de ces constantes sont données au tableau VI.

TABLEAU VI

CONSTANTES ÉLECTRIQUES MOYENNES DES CABLES PAR MILLE MARIN

	Fréquence. — Périodes par seconde.								
	0	200	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000
Résistance en ohms......	3,12	4,1	4,5	4,8	5,8	7,2	8,7	10,9	13,7
Perditance en micromhos	—	—	—	—	45	90	140	180	230
Capacité : 0,31 microfarad.									
Self-induction : 0,0041 henry.									

L'isolement n'est pas donné pour les fréquences de 1000 périodes et au-dessous, car son effet pour ces fréquences est si

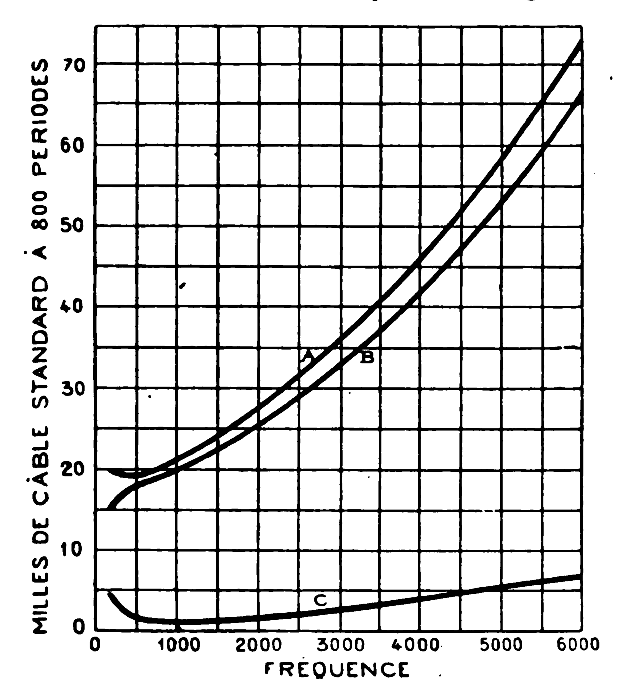


Fig. 4. — Équivalent de transmission du câble central entre les centraux téléphoniques de Key West et La Havane.

petit que la détermination de la perte est pratiquement impossible dans ces conditions.

Des estimations ont été également faites de la distribution de

la résistance dans les circuits pour une série de fréquences. Les courbes de la figure 6 donnent les valeurs moyennes des trois câbles pour la résistance au courant continu, l'accroissement de la résistance du conducteur avec la fréquence (effet pelliculaire), la résistance du circuit de retour par la mer et la résistance ajou-

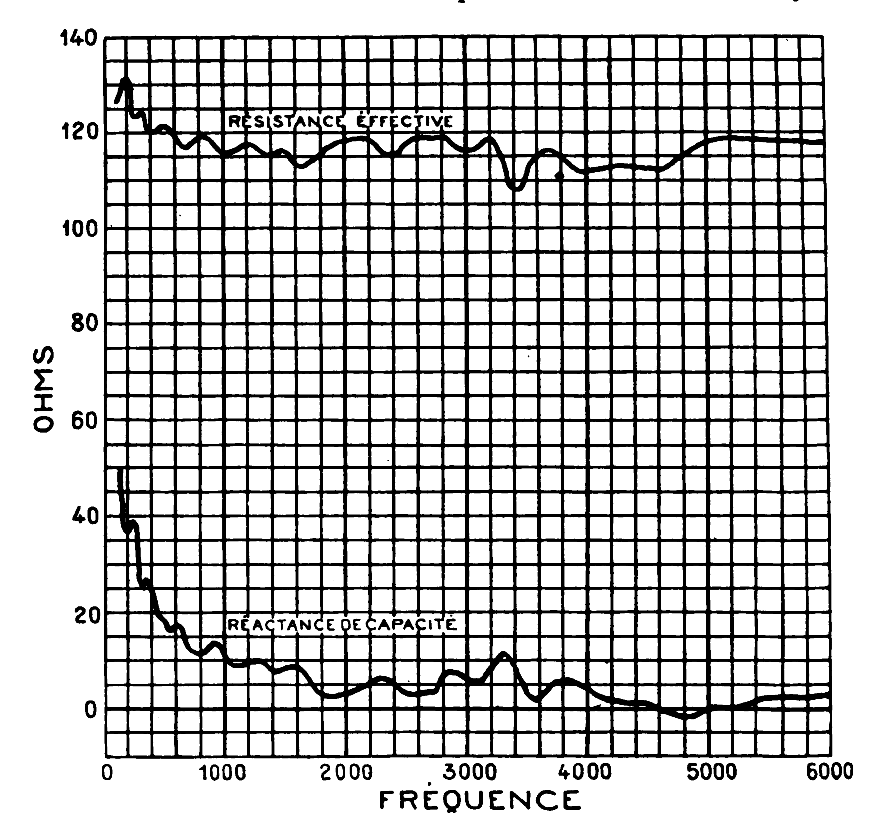


Fig. 5. — Impédance du câble Est mesurée au central de Key West.

tée au circuit par les pertes dans le fil de fer servant à la charge. L'importance de l'effet de la charge pour les hautes fréquences montre pourquoi il est désirable d'employer une charge faible lorsque des courants porteurs à grande fréquence doivent être transmis. L'emploi de fil de fer de 0,3 mm. aurait augmenté la résistance due à la charge d'environ 55 et 90 °/₀ aux fréquences de 3000 et 5000 périodes respectivement au-dessus des valeurs

obtenues avec du fil de fer de 0,2 mm. Cet accroissement de résistance, malgré l'accroissement de la self-induction résultant de la charge, aurait augmenté l'atténuation de 33 et 65 % à ces fréquences.

L'estimation de la résistance du circuit de retour par la mer qui aurait été obtenue dans les portions du câble situées aux grandes profondeurs si des rubans de cuivre n'avaient pas été employés, donne des valeurs de 4, 6, 5 et 8 ohms par mille marin à 1000, 3000 et 5000 périodes. La résistance réellement obtenue avec les rubans de cuivre ne dépasse pas 1,7 ohm à 5000 périodes, comme il est montré sur la figure 6. Des valeurs plus grandes de cette résistance auraient augmenté l'atténuation d'environ 30 % à 1000 périodes et de 50 % aux deux autres fréquences.

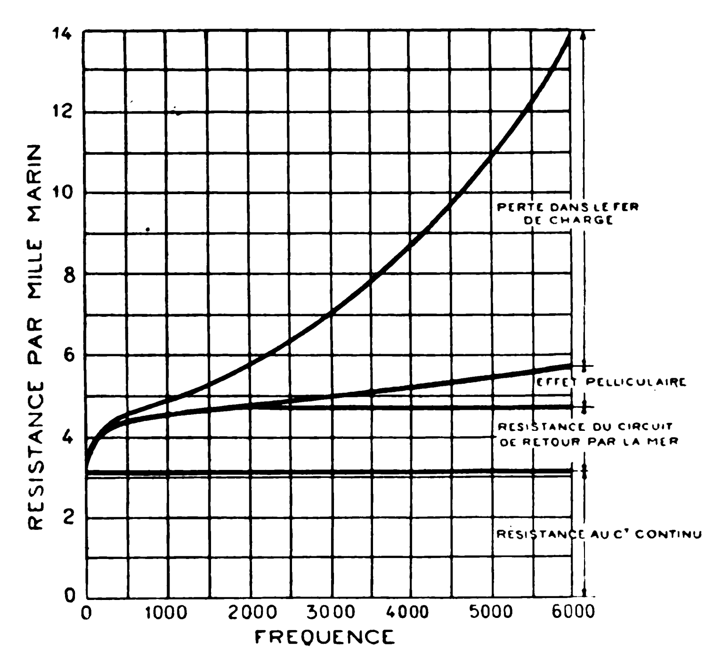


Fig. 6. — Valeurs de la résistance du câble.

Les résultats des mesures d'induction obtenus à Key West entre deux câbles adjacents sont montrés sur la fig. 7. Il y a lieu de noter que le mélange entre les câbles lorsque la connexion

est faite aux rubans de cuivre est de moins de 1 °/₀ de celui qui est obtenu lorsque la connexion est faite à des conducteurs de prise de terre isolés.

Les mesures des inductions sur ces câbles ont montré qu'elles étaient pratiquement négligeables. Comme on pouvait le penser, les inductions pour les fréquences des courants télégraphiques sont plus grandes lorsqu'on emploie le retour par le ruban conducteur que lorsque le retour par la terre est employé. Par contre, les inductions pour les fréquences téléphoniques et celles des courants porteurs sont beaucoup plus grandes lorsque le retour par la terre est utilisé ; l'induction, lorsque le retour se fait par le ruban, est si faible qu'elle est négligeable même pour des amplifications plus grandes que celles qui sont nécessaires pour l'efficacité des circuits. Le maximum des courants induits obtenus avec le retour par le ruban de cuivre était de moins de un microampère et ces courants étaient, pour la plus grande partie, du courant à 180 périodes qui était probablement produit par un harmonique dans un circuit de transmission de force près de l'extrémité du câble.

Les résultats des essais de mélange de conversation et d'induction ont confirmé les espérances qu'on avait dans l'efficacité du circuit de retour au moyen d'épais rubans de cuivre, c'est-à-dire que pratiquement tout le courant alternatif compris dans les fréquences les plus utiles pour la téléphonie et au-dessus retourne par le ruban. De même le ruban agit comme un écran très efficace contre les inductions produites par les autres courants à ces fréquences.

Les mesures de l'effet de battement entre la voie des courants continus du télégraphe et la voie du téléphone ont montré que le passage des courants télégraphiques dans le câble en même temps que le passage des courants de fréquence téléphonique diminuait la grandeur des courants téléphoniques reçus seulement de moins de 1 °/₀. La valeur maximum du courant continu télégraphique était d'environ 14 milliampères. L'effet maximum du courant continu télégraphique sur le passage des courants porteurs était de moins de 3°/₀ de l'intensité des courants porteurs reçus. Ceci

était inappréciable dans le fonctionnement du système, car le circuit de réception est établi de façon à être saturé avec le courant normal de telle sorte que de faibles changements dans les courants envoyés ou des changements dans l'efficacité de transmission du circuit n'ont aucun effet sur son rendement.

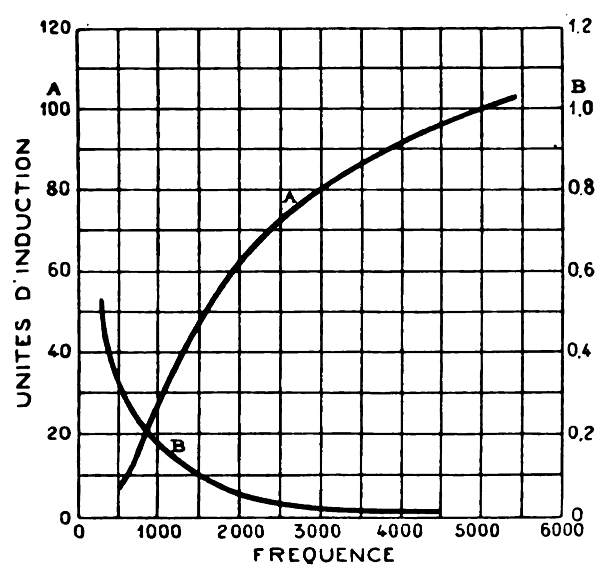


Fig. 7. — Résultats des mesures de l'induction entre deux câbles voisins. A. Retour par la mer. — B. Retour par les rubans de cuivre.

Des recherches ont également été faites sur l'effet de modulation dû à la charge. Lorsque deux courants de fréquence différente A et B circulent simultanément dans le circuit et ont par suite leurs champs superposés dans le fil de fer servant pour la charge, des courants d'une autre fréquence se trouvent créés dans le câble à cause des caractéristiques non linéaires de la perméabilité du fer. Les fréquences de ces courants de modulation sont la somme et la différence des fréquences A et B et de leurs différents harmoniques tels que : $A \pm B$, $2A \pm 2B$, $2A \pm B$, $A \pm 2B$, $3A \pm 3B$, $3A \pm 2B$, $3A \pm B$, $A \pm 3B$, et ainsi de suite. La superposition de ces courants additionnels de fréquence différente de A et B produit naturellement des courants de modulation résultants additionnels.

Les courants de modulation d'ordre pair, c'est-à-dire ceux de fréquences pour lesquelles la somme des coefficients de A et B sont des nombres pairs tels que : A ± B et 2A ± 2B sont dus pour la plus grande partie à l'état magnétique du fil de fer utilisé pour la charge et sont par suite dépendants de l'intensité du courant continu traversant le circuit. Les termes impairs tels que : 2A ± B, A ± 2 B et ainsi de suite, sont produits par les caractéristiques non linéaires de l'induction magnétique dans le fer et sont par suite affectés par le courant continu.

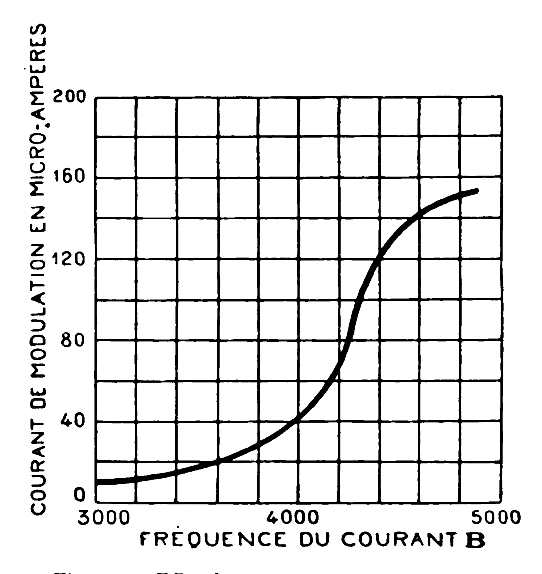


Fig. 8. — Effet des courants de modulation.

Les courants de modulation principaux qui ont été trouvés dans le fonctionnement du câble sont ceux des fréquences A ± B, 2A — B, 2B — A, 3A — 2B, 3B — 2A. Les autres existaient, mais étaient si peu intenses ou d'une fréquence si grande qu'ils pouvaient être négligés en comparaison avec ceux indiqués ci-dessus. Les mesures des petits courants de modulation nécessitaient l'emploi de circuits de sélection d'une grande acuité, d'amplificateurs importants et des arrangements de circuits spéciaux de façon à empêcher les courants causant les modulations d'entrer dans le circuit de l'appareil servant à mesurer les cou-

rants de modulation et aussi pour éliminer les effets de modulation produits dans l'appareil de mesure lui-même. Avec l'arrangement de voies tel qu'il a été effectué avec un courant porteur à 3000 périodes entrant dans le câble à La Havane et à 3800 périodes à Key West, les courants de modulation produits par les courants porteurs télégraphiques sont très petits. Le terme 2A — B qui est le plus important est seulement de 0,2 microampère. Si les deux courants porteurs sont envoyés dans le câble à la même extrémité, les courants de modulation, quoique encore petits, sont cependant appréciables, ainsi qu'il est montré tableau VII.

TABLEAU VII

AMPLITUDE DES COURANTS PORTEURS ENTRANT DANS LE CABLE SOUS-MARIN.		
A — 3000 périodes, 13,6 milliampères.		
B — 3800 — 18,5 —		
COURANTS DE MODULATION SE PRODUISANT DANS LE CABLE.		
Fréquence		*Microampères*
A — B — 800 périodes	....	0,3
A + B — 6800 —	....	moins de 0,1
2A — B — 2200 —	....	4,7
2B — A — 4600 —	....	1,3
3A — 2B — 1400 —	....	1,3
3B — 2A — 5400 —	....	0,3

Alors que pour les conditions d'emploi, les effets de modulation se sont montrés assez petits pour ne causer aucune perturbation, ces courants peuvent, dans certaines conditions, devenir assez grands pour qu'il soit nécessaire d'en tenir compte, particulièrement lorsque le nombre des voies télégraphiques à courant porteur à travers les câbles est augmenté. Dans ce cas, les courants de modulation affectent le nombre des voies, les intensités de courant et les fréquences qui peuvent être employées. L'effet des courants de modulation cause non seulement un bruit dans le téléphone, mais aussi des mélanges entre les différentes voies télégraphiques à courant porteur. Comme exemple de l'amplitude des courants qui peuvent être obtenus, la figure 8

montre le terme 2A — B pour une fréquence constante A de 2500 périodes, la fréquence B variant de 3000 à 5000 périodes. L'intensité de chacun des courants A et B est de 30 milliampères dans le câble sous-marin à la même extrémité, les courants de modulation étant mesurés également au même point. On voit que pour les valeurs des fréquences les plus basses de 2AB, les intensités sont comparables à celles des courants téléphoniques dans le câble.

Disposition des combinaisons aux extrémités des cables.

Au début du fonctionnement des câbles, des dispositions furent prises et des appareils furent prévus pour deux voies télégraphiques duplex et une voie téléphonique sur chacun des trois câbles. L'une des voies télégraphiques est fournie par le système à courant continu et l'autre par le système à courant porteur employant des fréquences au-dessus de celles de la voix. De plus, une voie de signalisation, nécessaire pour le fonctionnement du téléphone, emploie des courants d'une fréquence comprise dans celles de la voix. Il est possible d'employer un tel courant puisqu'il n'est nécessaire que pendant les instants où le câble n'est pas employé pour la conversation.

La méthode générale pour superposer ces voies dans le câble et pour les connecter aux appareils terminaux est montrée sur la figure 9. Comme les voies doivent fonctionner dans les deux directions, le système d'équilibrage au moyen d'un câble artificiel est prévu pour chaque voie de façon à éviter que les courants envoyés à une extrémité fassent fonctionner les appareils de réception au même point. Le système d'équilibrage consiste essentiellement en un transformateur et en un assemblage d'éléments d'impédance calculés pour donner l'équivalent de l'impédance de la ligne pour une grande bande de fréquences. Le transformateur est à trois enroulements dont deux sont munis de dérivations à leur centre. Ce transformateur convient donc pour l'établissement d'un circuit à pont de Wheatstone dans lequelles deux enroulements ayant des dérivations au centre constituent

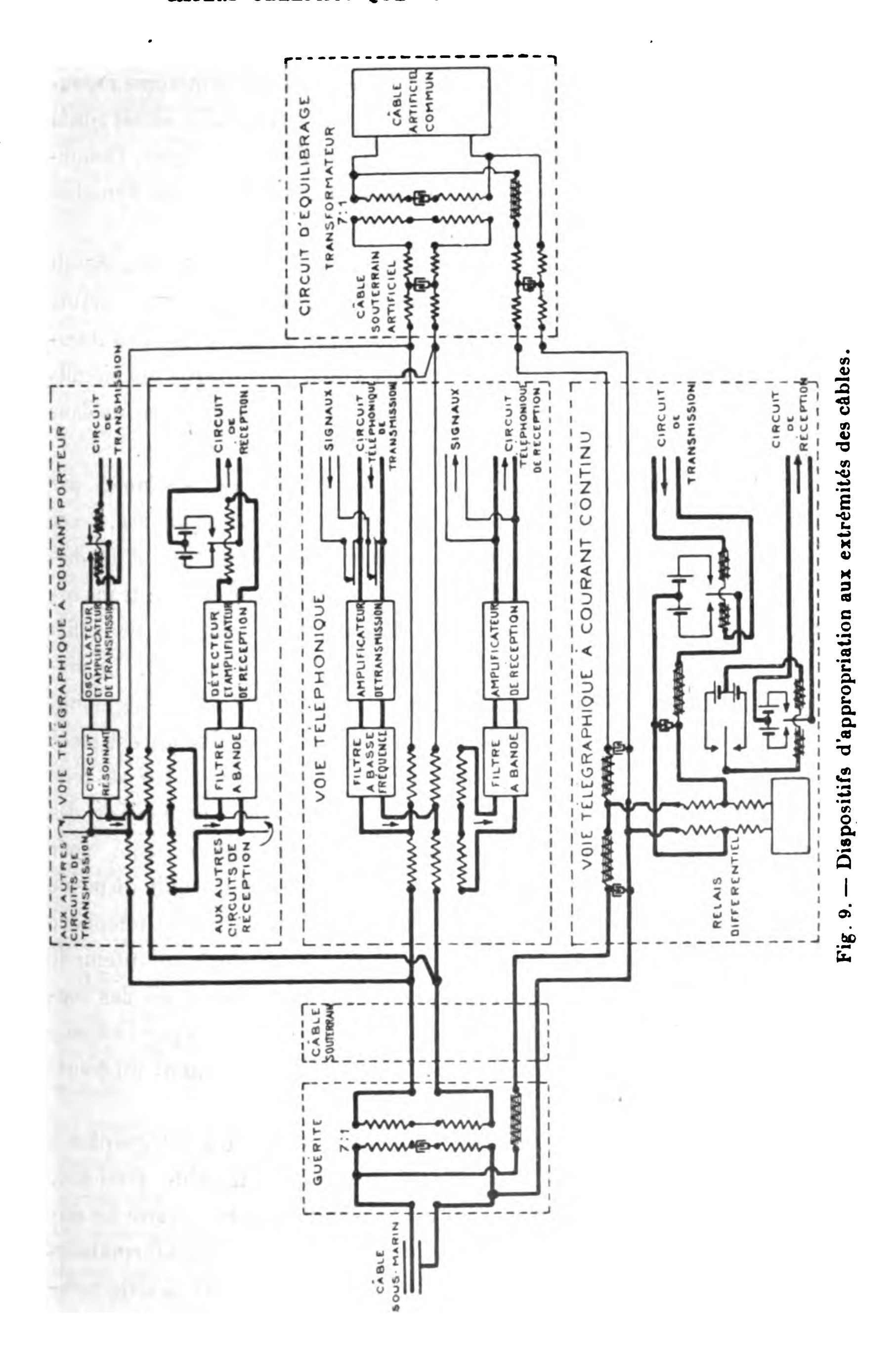


Fig. 9. — Dispositifs d'appropriation aux extrémités des câbles.

les branches. L'amplificateur de transmission est connecté au point milieu et l'amplificateur de réception au troisième enroulement du transformateur. Lorsque le réseau artificiel est ajusté de façon à avoir une impédance égale à celle de la ligne, l'amplificateur de transmission n'envoie pas de courant dans l'amplificateur de réception.

Des filtres ou des circuits sélectifs sont placés dans le circuit d'envoi de façon à éviter d'une façon certaine que les courants d'une voie contiennent des fréquences qui causeraient des interférences avec les courants des autres voies et afin que les circuits de réception ne reçoivent que les courants qui sont compris dans la bande de fréquences pour laquelle ils doivent opérer.

A la guérite du câble, le câble sous-marin est connecté par l'intermédiaire d'un transformateur spécialement équilibré, ayant un rapport de 1 à 7 à un câble souterrain à deux fils d'un diamètre de 2,6 mm. En dérivation sur l'enroulement du transformateur correspondant au câble est amené un circuit à deux fils de 1,8 mm. utilisé pour le télégraphe à courant continu. Le premier circuit amène les voies téléphoniques et celles des télégraphes à courant porteur au bureau central. Le transformateur est placé de façon à isoler le câble sous-marin du câble terrestre et rend ainsi ce dernier moins sensible aux inductions provenant des circuits de transmission de force. Il est également utile pour multiplier l'impédance du câble de façon à ce qu'elle soit du même ordre que l'impédance des appareils terminaux pour le téléphone et pour le télégraphe à courant porteur et il aide à maintenir le courant continu du télégraphe ordinaire hors des voies des courants à haute fréquence. Cette action est augmentée par l'adjonction d'un condensateur placé au milieu de l'enroulement du transformateur côté câble.

Les appareils téléphoniques et les appareils des télégraphes à courant porteur sont connectés en parallèle au câble terrestre. Chaque ensemble contient un transformateur qui sépare les circuits de transmission et de réception. Ces deux transformateurs sont connectés en parallèle au câble et à la ligne artificielle commune, de telle sorte que le circuit de transmission de chaque voie

n'envoie pas de courant dans le circuit de réception de l'autre voie. Les circuits de transmission ne sont pas équilibrés de cette façon, mais comme chacun contient un fil avec un circuit résonant qui présente une grande impédance pour les courants de l'autre circuit d'envoi, chacun des circuits envoie très peu de courant à l'autre. Le côté de réception du téléphone est protégé par le circuit d'équilibre contre le côté de transmission du téléphone et à la fois par le circuit d'équilibre et par la sélectivité contre le côté d'envoi du télégraphe à courant porteur.

Le circuit télégraphique à courant continu est également monté en parallèle avec le circuit téléphonique, mais il y est relié à des points différents de ceux de la voie des courants porteurs télégraphiques. Les bobines de self-induction et les condensateurs placés dans le circuit du télégraphe ordinaire constituent un filtre pour les très faibles fréquences qui ne peut transmettre que des fréquences de 0 à 80 périodes. Cette voie possède un dispositif en dérivation qui est étudié de façon que les circuits de réception des voies à haute fréquence soient équilibrés à la fois pour les courants télégraphiques envoyés et pour les perturbations produites dans les enroulements du relais par le fonctionnement de l'armature qui est mise en mouvement par les signaux reçus. Elle comporte aussi un second dispositif en dérivation sur les enroulements du relais de réception pour séparer les circuits télégraphiques de transmission et de réception. Ceci demande l'emploi d'une seconde ligne artificielle qui est connectée au relais.

Il y a lieu de noter que, associé avec la ligne artificielle principale montrée à droite de la figure 9, se trouve un double de tous les appareils et circuits placés entre les appareils terminaux et le câble sous-marin. Le câble artificiel d'équilibrage lui-même est terminé de façon à obtenir la même impédance que le câble sous-marin pour toutes les bandes de fréquence nécessaires au fonctionnement du téléphone et du télégraphe à courant porteur, un soin particulier ayant été apporté à obtenir la même impédance pour la bande de fréquences téléphoniques. En raison de la grande uniformité obtenue dans l'impédance des câbles, il a

été possible de construire un excellent câble artificiel en employant seulement trois éléments d'impédance. Si les câbles artificiels avaient été moins uniformes, il aurait été nécessaire d'employer un câble artificiel ayant un grand nombre de sections, tel que ceux qui sont employés pour les longs câbles télégraphiques sous-marins. Le transformateur d'équilibrage et le câble artificiel correspondant au câble souterrain sont terminés de façon à correspondre aux impédances des éléments correspondants dans circuit du câble. Par ce moyen, il est possible d'obtenir un équilibrage aux bornes des transformateurs qui, pour une fréquence téléphonique quelconque, diffère de moins de 3 °/₀ de la perfection, ce qui permet d'employer de grandes amplifications. Le degré d'équilibrage est un peu moins bon pour les fréquences des courants porteurs télégraphiques.

Comme l'atténuation qu'il est possible de permettre pour les courants télégraphiques porteurs est plus grande que celle des courants téléphoniques et comme les amplifications sont par suite nécessairement plus grandes, on a conservé la même pratique que pour les lignes télégraphiques terrestres à courant porteur qui consiste à ne pas se fier entièrement à l'équilibrage pour éviter les mélanges entre les courants de transmission et les courants de réception, mais on a employé des fréquences différentes dans les deux directions avec des circuits résonants et des filtres de réception accordés respectivement à ces différentes fréquences dans les branches de réception et de transmission. Pour le fonctionnement direction La Havane-Key West, le courant porteur est à 3.000 périodes et dans la direction opposée sa fréquence est de 3.800 périodes.

Dans la guérite du câble, chaque câble sous-marin est terminé dans une boîte étanche. Le câble sous-marin entre dans la boîte par le bas, les deux conducteurs entrant par des ouvertures séparées. Les câbles souterrains venant du bureau central sont amenés dans les boîtes par le haut. Des câbles conduisent également de ces têtes de câbles à des boîtes en fonte qui contiennent les transformateurs, condensateurs et bobines de self. Un câble de jonction entre dans toutes les boîtes par le bas pour donner la

possibilité de faire toutes les connexions entre les circuits et les appareils.

Appareils terminaux

Les amplificateurs et les appareils de signalisation pour les circuits téléphoniques et les appareils terminaux nécessaires pour les télégraphes à courant continu et à courant porteur sont placés, pour chaque câble, aux bureaux de La Havane et de Key West. Bien que ces appareils, d'une manière générale, ressemblent à ceux qui ont été déjà étudiés pour des emplois similaires sur les lignes télégraphiques et téléphoniques terrestres, ils en diffèrent sur bien des points à cause du grand affaiblissement produit par les câbles et parce que des méthodes de fonctionnement spéciales sont nécessitées pour ces circuits.

La théorie générale du fonctionnement des répéteurs téléphoniques, des appareils télégraphiques à courant porteur et des tubes à vide a été déjà décrite dans maintes publications. Ces systèmes pour lesquels l'appareillage du câble est le même que celui qui a été employé pour les cas précédents ne seront pas expliqués en détail.

L'appareillage terminal a été étudié, fabriqué et en partie installé avant la pose du câble, afin que le service puisse être donné aussitôt que possible après la pose. Le calcul des appareils a été basé sur les caractéristiques estimées des câbles, mais dans le but d'obtenir un fonctionnement satisfaisant dans le cas où l'affaiblissement et l'induction auraient été plus grands que les valeurs estimées, les appareils terminaux ont été prévus de façon à permettre un réglage pour un grand champ d'amplifications et de valeurs de courants.

Circuit téléphonique.

Les voies téléphoniques des câbles sont connectées aux lignes terrestres à travers des transformateurs et des amplificateurs comme il est montré sur la figure 10. Le troisième enroulement de chaque transformateur est connecté à travers un amplificateur

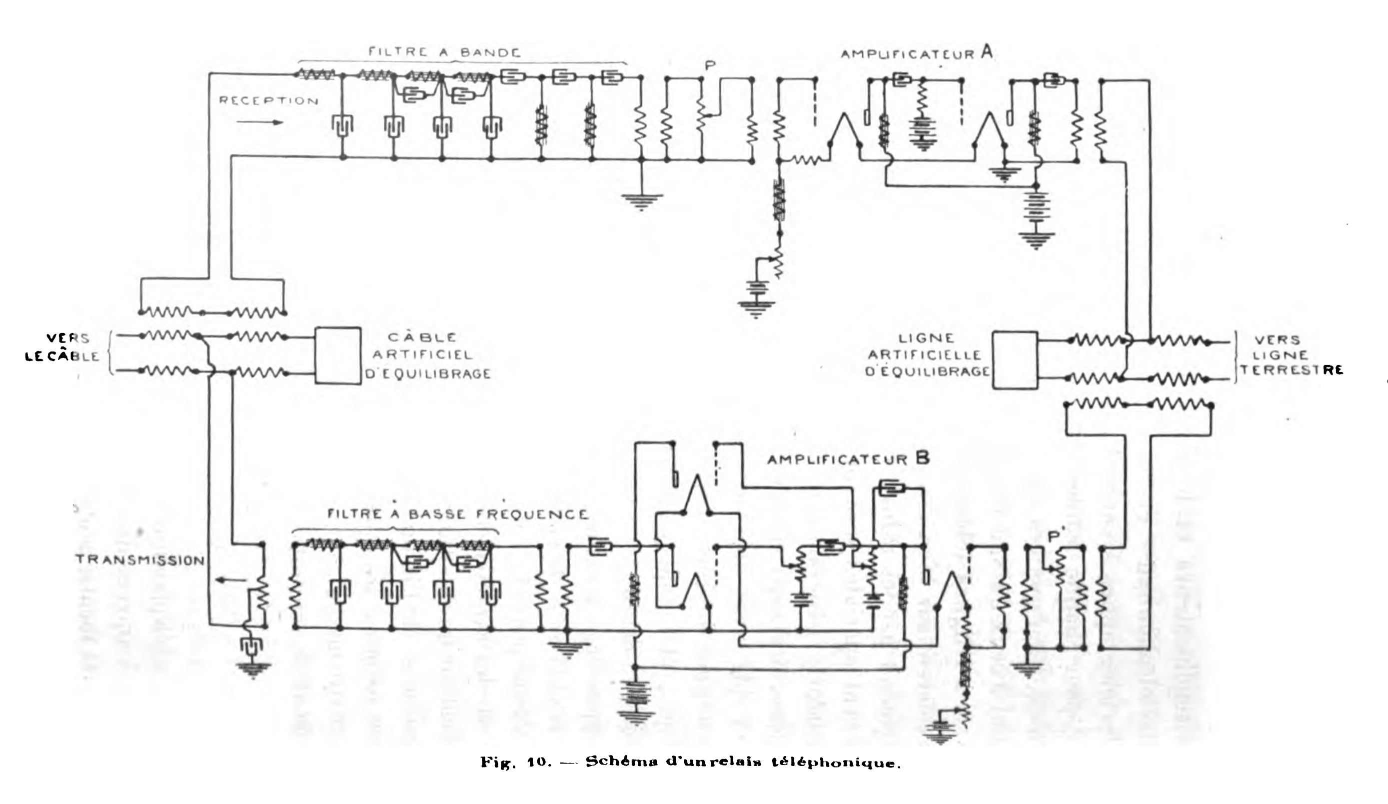


Fig. 10. — Schéma d'un relais téléphonique.

au point central des enroulements de ligne de l'autre transformateur, de façon à former un répéteur à deux amplificateurs fonctionnant dans les deux sens, tel qu'il est généralement connu sous le nom de type 22. Comme un équilibrage très exact et constant a été obtenu entre le câble et la ligne artificielle, ainsi qu'il a été expliqué ci-dessus, le répéteur peut fonctionner avec des amplifications importantes, même lorsque l'équilibrage entre la ligne terrestre et son réseau artificiel n'est pas très exact. Ce cas se présente lorsque les communications aboutissent directement à des lignes d'abonnés à travers le bureau interurbain comme cela se produit pour les communications données à des abonnés de La Havane et de Key West sans qu'une ligne interurbaine de grande longueur pouvant être équilibrée plus exactement par la ligne artificielle soit en jeu.

Les lignes artificielles sont prévues de façon à équilibrer aussi bien que possible les lignes d'abonnés moyennes. Lorsque le répéteur est connecté à de longues lignes, des réseaux artificiels tels qu'ils ont été décrits antérieurement dans d'autres publications et donnant un meilleur équilibrage pour ces lignes sont employés. Ces lignes artificielles sont placées de façon à être employées avec des circuits allant au nord de Key West et aussi pour les longs circuits de Cuba.

Les répéteurs employés combinent les caractéristiques de fonctionnement des répéteurs constamment embrochés sur les lignes et des répéteurs placés dans le circuit des cordons. Le premier type est celui qui est connecté d'une manière permanente dans le circuit d'une ligne interurbaine, l'ensemble formant un circuit qui est entièrement en dehors de l'action des opératrices de la station répétitrice. Dans le second type, les deux extrémités du circuit du répéteur aboutissent à des fiches placées sur le commutateur interurbain. Le répéteur peut ainsi être employé pour connecter des lignes qui aboutissent à des jacks sur le tableau. Ce dernier système est disposé de façon que le gain obtenu puisse être réglé par l'opératrice à la valeur spécifiée pour le circuit avec lequel elle est connectée. Dans les répéteurs de Key West et de La Havane, les transformateurs, les réseaux artificiels

d'équilibrage et les amplificateurs sont connectés d'une manière permanente aux câbles, les répéteurs ayant ainsi le caractère de répéteurs de ligne du côté du câble. Les répéteurs à Key West sont connectés d'une manière permanente avec les lignes terrestres et avec leurs réseaux artificiels au moyen de certains arrangements indiqués plus loin. Ces circuits sont montrés schématiquement en lignes pleines dans la partie supérieure de la figure 11. A La Havane et à Key West, sur le circuit unique qui se termine en ces points, les côtés ligne terrestre du répéteur se terminent sur le commutateur de telle sorte que les répéteurs possèdent quelques-unes des caractéristiques des répéteurs sur cordons. Ces connexions terminales sont montrées schématiquement sur la figure 12. Dans ces équipements, aussi bien que dans les circuits des répéteurs embrochés, les gains produits par les amplificateurs sont réglés au moyen des potentiomètres P et P′ montrés sur la figure 10. Ces potentiomètres sont réglés par l'électricien chargé de la surveillance des répéteurs. Le réglage des gains de transmission obtenus aux répéteurs terminaux est fait du commutateur interurbain au moyen de lignes artificielles placées du côté de la ligne du réseau d'équilibrage des transformateurs H et H′, comme il est montré au bas de la figure 12.

Dans les circuits terminaux, le côté ligne du répéteur aboutit sur le commutateur, d'une part à un jack unique et d'autre part à un jack double, comme il montré sur la figure 12. Le jack simple est employé pour établir les connexions avec les lignes d'abonnés locales et le jack double sert pour les connexions avec les lignes interurbaines. Un appel arrivant du câble est annoncé par l'allumage de la lampe L ; l'opératrice répond au moyen d'un cordon à simple fiche qu'elle enfonce dans le jack E. Si l'appel est destiné à un abonné local, l'autre fiche de la même paire de cordons est enfoncée directement dans le jack du circuit local placé sur le tableau. Ce circuit est équilibré au moyen d'un réseau artificiel N destiné à équilibrer une ligne d'abonné moyenne. Lorsque le circuit n'est pas employé, le réseau artificiel N est supprimé et les deux lignes artificielles égales W et W′ donnent l'équilibrage voulu aux deux côtés du transforma-

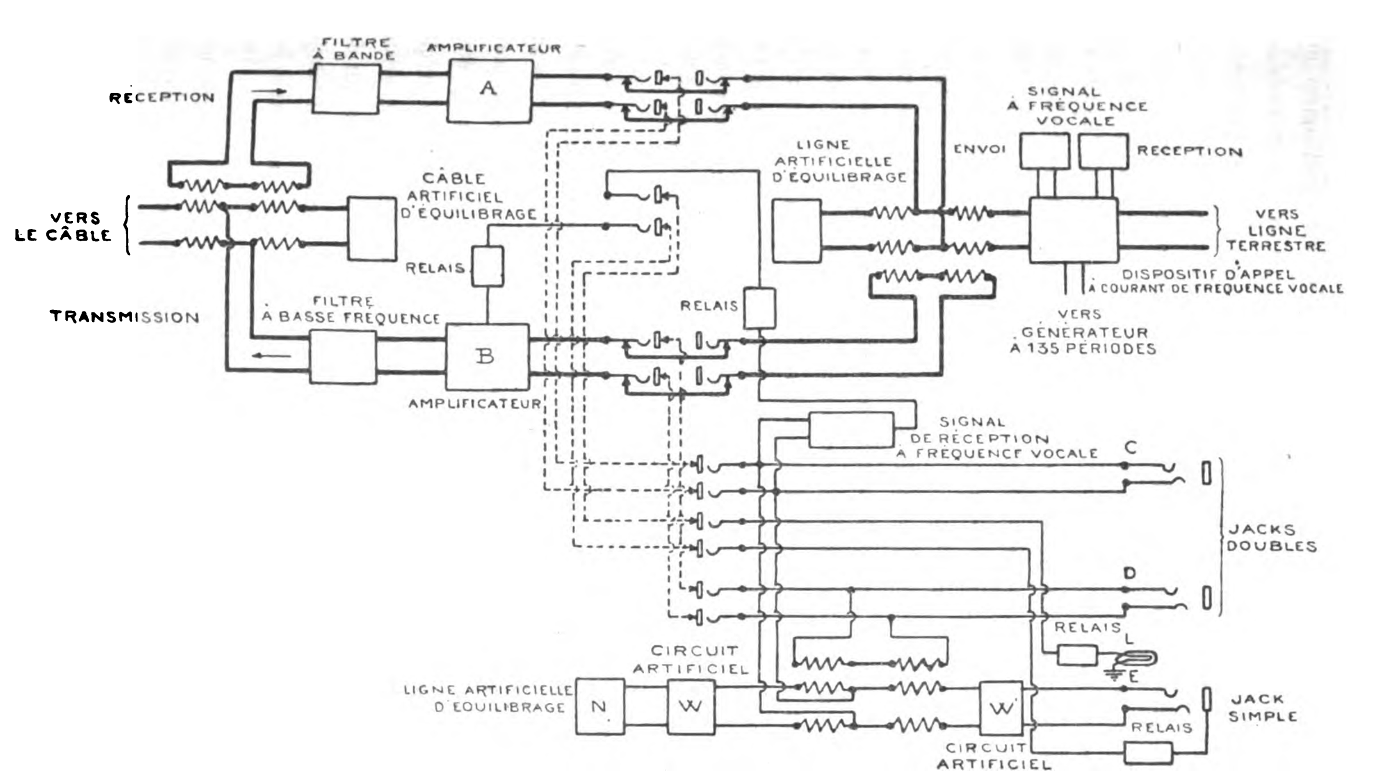


Fig. 11. — Schéma d'un relais téléphonique connecté en permanence aux lignes terrestres et aux réseaux artificiels.

teur H de telle façon que le sifflement du répéteur est évité. L'enfoncement d'une fiche dans le jack E fait fonctionner un relais qui connecte le réseau artificiel N. Lorsqu'une communication a été établie avec un poste d'abonné, le courant de la batterie centrale qui traverse la ligne fait fonctionner une série de relais qui diminuent la perte de transmission causée par les lignes artificielles. Le même changement dans le circuit des lignes articielles est obtenu lorsque l'opératrice abaisse sa clef d'écoute et fait ainsi passer du courant à travers son transmetteur. Si la communication doit être établie à travers une ligne interurbaine, elle est donnée par l'enfoncement d'une fiche double d'un circuit de cordon spécial dans les jacks C et D, ce qui coupe automatiquement le circuit du jack simple E. La double fiche à l'autre extrémité du circuit de cordon est enfoncée dans les jacks qui sont reliés à la ligne interurbaine demandée et à son réseau artificiel d'équilibrage. Le circuit des cordons à double fiche est montré dans le bas de la figure 12. Dans ce cas, l'opératrice a une action sur le gain de transmission du répéteur : au moyen d'une clef, elle peut changer le nombre des sections dans les lignes artificielles réglables V et V'.

Lorsque les répéteurs sont embrochés, les lampes reçoivent constamment du courant et sont toujours prêtes à fonctionner. Dans les répéteurs terminaux, les lampes qui sont connectées au câble sont également traversées par le courant d'une façon permanente, de telle façon que les signaux d'appel puissent être reçus. Lorsqu'une connexion est établie soit à travers le circuit du jack simple, soit à travers le circuit du jack double, les relais fonctionnent de façon à allumer la lampe de l'amplificateur de transmission. Celui-ci ne reçoit donc pas de courant en temps normal ; le filament n'est chauffé que lorsqu'une connexion est établie.

Etant donné le fait qu'il peut être nécessaire de terminer momentanément au bureau de Key West l'un quelconque des circuits embrochés, le circuit des répéteurs a été arrangé de façon à donner cette faculté. Il y a lieu de noter, dans la figure 11, que les circuits embrochés passent à travers un groupe de jacks.

Ceux-ci sont placés dans un panneau auquel aboutissent tous les principaux circuits associés au câble. Lorsque les connexions

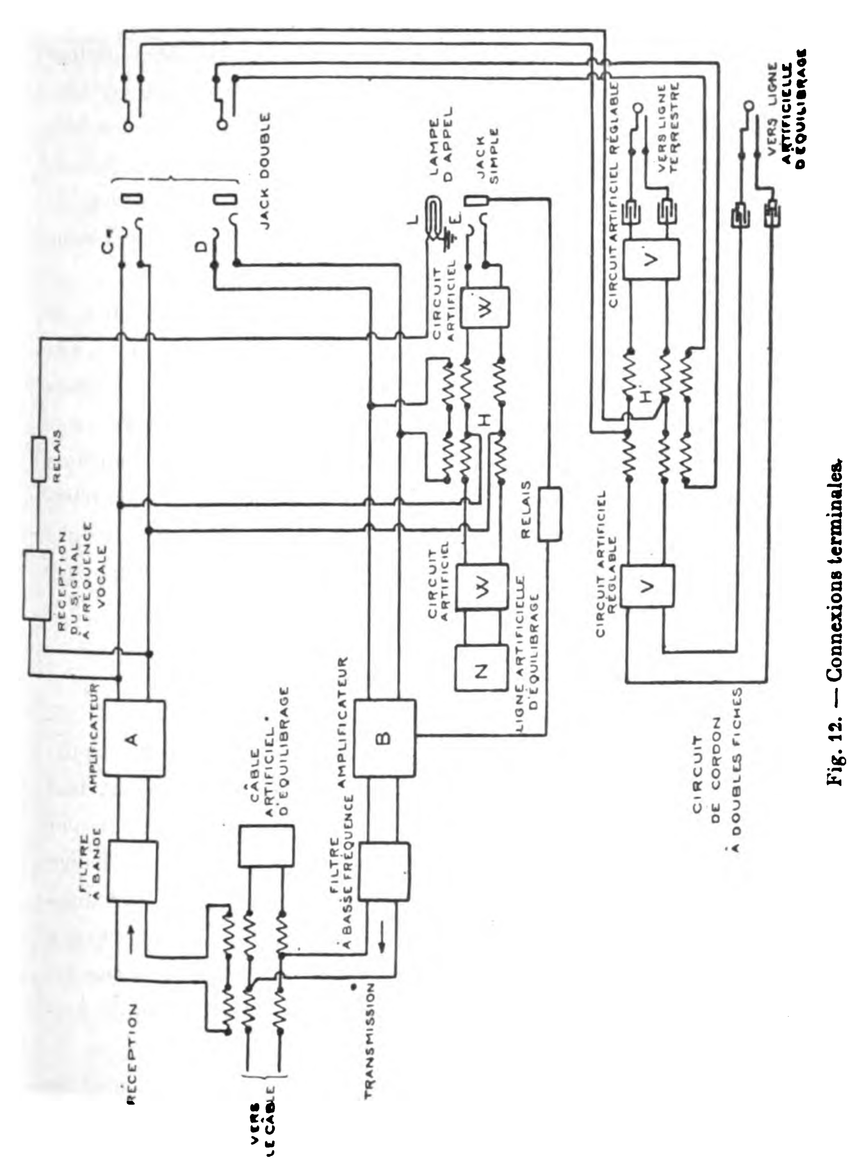


Fig. 12. — Connexions terminales.

indiquées en lignes pointillées sont faites, le circuit qui est obtenu est le même que celui qui est montré sur a figure 12.

Dans le but de protéger les appareils téléphoniques contre les inductions dues aux courants télégraphiques, un filtre est placé dans le circuit téléphonique entre chaque amplificateur et le transformateur. Le filtre placé dans la branche de réception (fig. 10) laisse passer toutes les fréquences de 250 à 2.300 périodes qui sont celles des courants téléphoniques et affaiblit considérablement toutes les autres fréquences. Le filtre placé dans la branche de transmission empêche le passage des courants de toutes les fréquences qui pourraient troubler le fonctionnement du télégraphe à courant porteur.

Les amplificateurs, les filtres et le reste de l'équipement de chaque répéteur sont montés sur un panneau formant unité. Les divers panneaux, ainsi que les panneaux supportant les appareils associés avec les autres voies de communication sont montés en double rangée dans chaque bureau terminal. Quatre de ces panneaux, deux à chaque extrémité, sont des unités de répéteurs ; trois sont associés avec les trois câbles. A cause de l'importance de ces circuits, une unité de réserve a été prévue pour se prémunir contre toutes interruptions de service.

SYSTÈMES DE SIGNALISATION

Les signaux d'appel pour les voies téléphoniques sont transmis sur les câbles au moyen d'un signal d'appel utilisant une fréquence vocale, ce qui nécessite la production, la transmission et la réception d'un courant alternatif d'une fréquence qui change brusquement de 950 à 1.300 périodes et vice versa, ce changement de fréquences se produisant 16 fois par seconde. Les signaux sont transmis sur les lignes terrestres de Key West et sur les lignes interurbaines se terminant à La Havane au moyen de courants ordinaires à 135 et à 16 périodes.

Au moyen d'une clé d'appel placée dans le circuit des cordons interurbains, l'opératrice de chaque extrémité du câble produit l'envoi du courant d'appel spécial décrit plus haut par un générateur d'appel constitué par un oscillateur à tube à vide du type ordinaire disposé de telle façon que la capacité dans le circuit

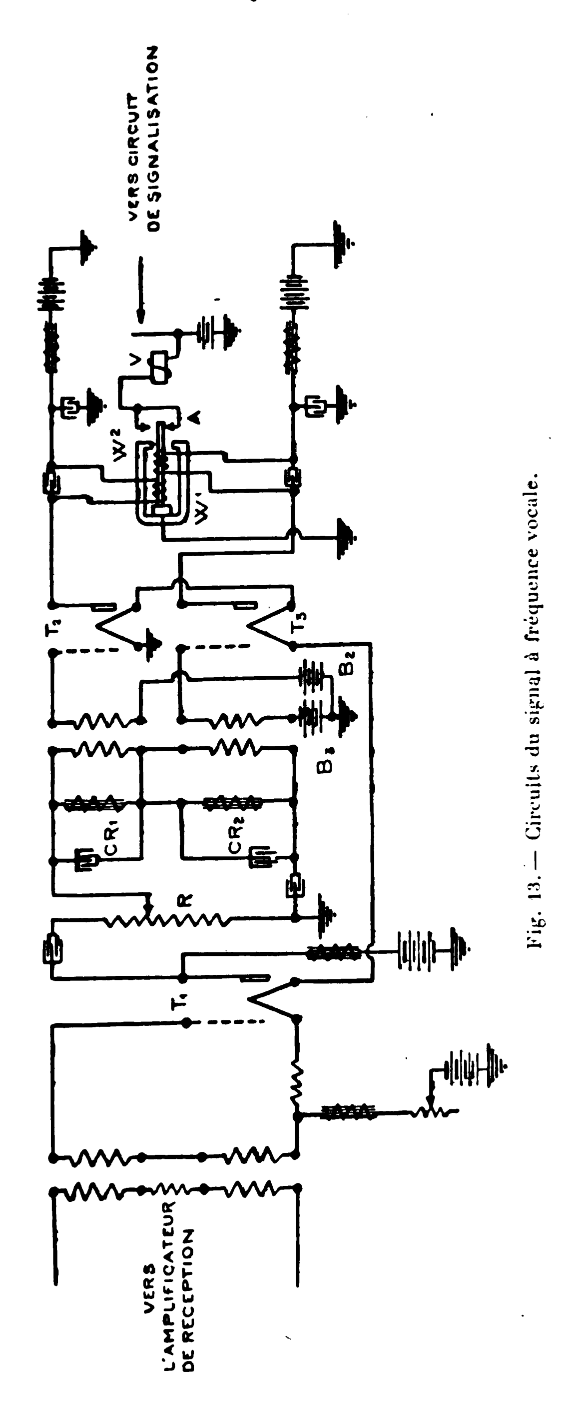


Fig. 13. — Circuits du signal à fréquence vocale.

oscillant soit changée 32 fois par seconde. Ceci produit l'envoi sur le câble de courants alternatifs de deux fréquences différentes à travers l'amplificateur d'envoi B (fig. 12). A l'autre extrémité du câble, ce courant arrive dans le côté de réception du répéteur jusqu'à l'amplificateur A. Si le circuit téléphonique est arrêté à ce point, une partie du courant de signalisation amplifié passe dans le circuit de réception pour les courants vocaux, comme on le voit sur la figure 12.

Les circuits du signal à fréquence vocale sont montrés sur la figure 13. L'indépendance du circuit est grande de façon à ne produire aucune perte appréciable de transmission dans le circuit auquel il est relié. Les courants de signalisation reçus sont amplifiés par le tube T_1 d'où ils passent dans la grande résistance R. Reliés en série aux bornes de cette résistance, sont placés deux circuits résonants CR_1 et CR_2 dont l'un est accordé pour 950 périodes et l'autre pour 1.300 périodes. Chacun de ces circuits est connecté à travers un transformateur à l'entrée d'un tube à vide redresseur. Les grilles des tubes T_2 et T_3 sont maintenues à un potentiel négatif juste suffisant au moyen des batteries B_2 et B_3, de telle sorte que normalement aucun courant ne passe dans le circuit de plaque. Les tubes fonctionnent donc ainsi comme détecteurs pour les courants qui arrivent. Lorsque le courant à 950 périodes arrive dans le circuit CR_1, le potentiel de la grille du tube T_2 varie de telle façon qu'un courant traverse l'enroulement du relais d'appel W_1. L'instant suivant, le courant redressé à 1.300 périodes passe à travers l'enroulement W_2 du même relais. L'armature A du relais polarisé vibre donc à une vitesse de 32 périodes par seconde, interrompant le courant à travers le relais V. L'armature de ce dernier retombe, ce qui allume la lampe L (fig. 12) sur le tableau.

Dans les circuits embrochés à Key West, tels que le circuit La Havane-New York, comme il est montré sur la figure 11, le courant de signalisation à fréquence vocale venant du câble produit automatiquement l'envoi sur la ligne nord d'un courant d'appel à 135 périodes au moyen d'un type spécial de générateur de courant d'appel pour circuits combinés montré dans la

partie supérieure de la figure à droite. Les courants à fréquence vocale sont reçus par un circuit similaire à celui qui a été décrit et font fonctionner un relais qui connecte le générateur de courant à 135 périodes à la ligne pour appeler l'opératrice à l'autre extrémité. Les appels venant du nord sont envoyés à Key West au moyen de courant d'appel à 135 périodes. Ils entrent dans l'appareil d'appel pour circuit combiné et font fonctionner l'appareil d'émission de courant d'appel à fréquence vocale qui envoie dans le câble les courants décrits ci-dessus. Ces courants sont reçus au Bureau Central de La Havane dans les circuits montrés aux figures 12 et 13 et ils allument la lampe d'appel L sur le tableau commutateur.

Le circuit de réception pour les courants d'appel à fréquence vocale qui est employé dans le cas des connexions terminales est compris dans le répéteur. Les dispositifs d'appel pour circuit combiné qui, dans le cas de circuits embrochés, produisent le changement des courants d'appel à la fréquence vocale venant des câbles en courants à 135 périodes envoyés sur les lignes terrestres, sont montés à la partie supérieure d'un bâti de relais. Au-dessous de ces dispositifs de production d'appel sont placés deux oscillateurs fournissant les courants à 950 et 1.300 périodes, chacun formant une unité séparée.

TÉLÉGRAPHE A COURANT PORTEUR

Une unité terminale pour l'équipement d'un système télégraphique à courant porteur est associée d'une façon permanente avec chaque câble dans les bureaux de Key West et de La Havane. Les circuits de chaque unité sont les mêmes des deux côtés du câble à l'exception des filtres placés dans les branches de réception. Quatre unités sont placées, l'une d'elles étant en réserve.

Le fonctionnement de la voie télégraphique à courant porteur peut être brièvement décrit comme suit : les signaux provenant d'un télégraphe à courant continu, reçus d'une ligne terrestre, actionnent le relais d'envoi du télégraphe à courant porteur, ce qui fait que l'oscillateur envoie dans le câble des courants à

haute fréquence interrompus d'une manière semblable à celle des signaux reçus. Le courant à haute fréquence arrive dans le circuit de réception à l'autre bout du câble où il est redressé et il actionne un relais qui envoie du courant télégraphique continu pour réduire les courants télégraphiques primitifs dans la ligne terrestre qui y est associée.

La disposition du circuit télégraphique complet est montrée sur la figure 14. Les détails des circuits télégraphiques à courant porteur ont déjà été publiés et les dispositifs spéciaux seront seuls décrits dans cette note. L'armature du relais d'envoi est normalement maintenue contre le contact *a*. Dans ces conditions, l'oscillateur transmet un courant à haute fréquence à travers l'amplificateur et le circuit résonant du câble. Lorsqu'un signal d'espace est reçu de la ligne télégraphique terrestre, l'armature du relais se déplace et vient en contact avec *b*, ce qui shunte l'amplificateur d'envoi et interrompt l'émission de courant à haute fréquence dans le câble. Lorsque le courant venant de la ligne télégraphique est rétabli, le contact *a* est de nouveau fermé et le courant à haute fréquence est de nouveau envoyé sur le câble. Le relais par conséquent transforme les courants reçus de la ligne télégraphique en courants alternatifs à grande fréquence qui sont envoyés sur le câble.

Les courants à haute fréquence émis passent à travers un amplificateur à deux étages montré sur la figure 14. Au moyen d'un commutateur placé sur le panneau, le second tube peut être connecté en parallèle avec le premier pour augmenter le courant. Le débit est réglé au moyen d'un potentiomètre P. Le courant de l'amplificateur passe à travers le circuit résonant CR qui peut être ajusté exactement à la fréquence du courant porteur au moyen du condensateur variable C_2. La fréquence du courant porteur peut elle-même être réglée au moyen du condensateur C_1 placé dans le circuit oscillant.

A l'autre extrémité du câble, le courant à haute fréquence passe à travers le transformateur et le filtre de réception. Comme l'affaiblissement du câble pour les courants porteurs est grand, le courant reçu passe à travers un amplificateur à plusieurs étages

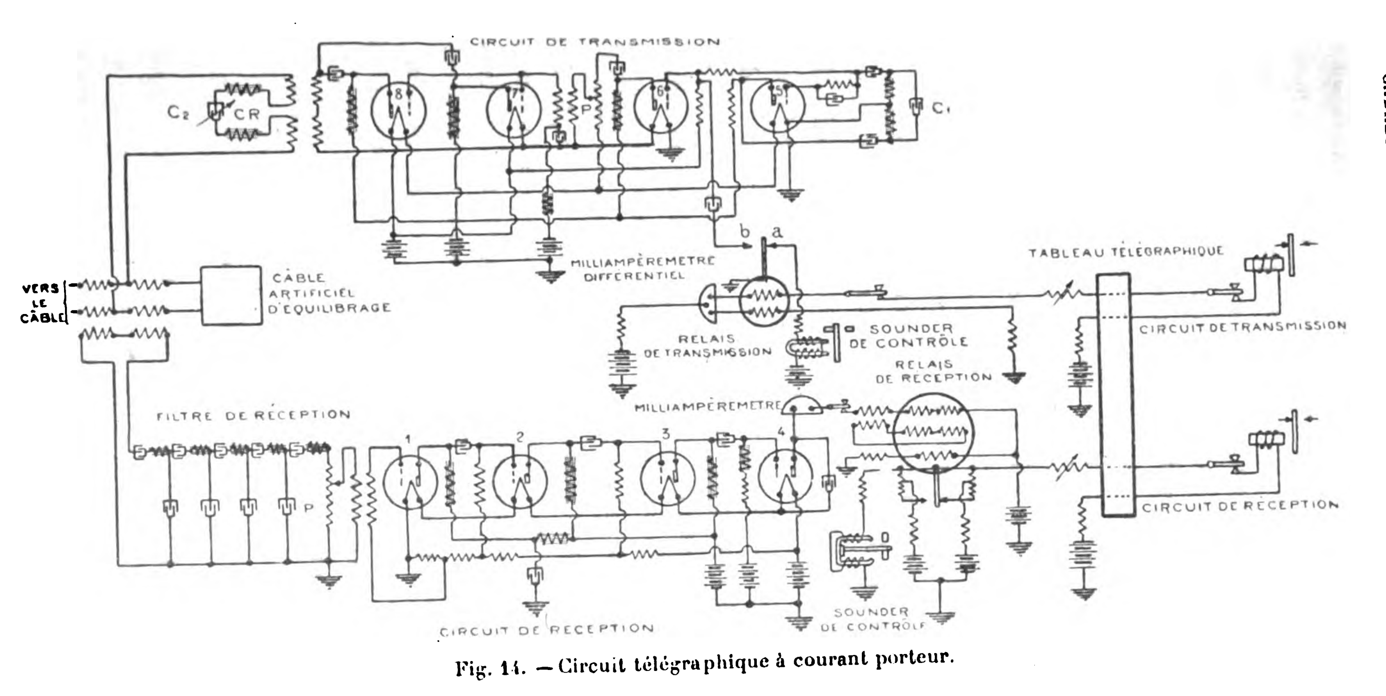


Fig. 14. — Circuit télégraphique à courant porteur.

avant d'atteindre le détecteur qui le rectifie de façon à ce qu'il puisse actionner un relais sensible. Comme il est montré sur la figure 14, le relais retransmet les signaux en courant continu sur la ligne télégraphique qui y est associée. Le circuit de réception diffère sur les points suivants de celui qui est utilisé dans les systèmes télégraphiques à courant porteur : au lieu de l'emploi d'un double circuit résonant destiné à sélectionner la fréquence exacte, un filtre donnant une bande de transmission très étroite et d'une grande efficacité de sélection est placé avant l'amplificateur. Le gain qui peut être obtenu dans l'amplificateur est beaucoup plus grand que celui qui est prévu pour les lignes terrestres. Lorsqu'un gain moindre est nécessaire, le tube n° 1 peut être mis hors circuit au moyen d'une clé.

Les circuits d'envoi et de réception des voies télégraphiques sont reliés directement à des lignes d'abonnés à La Havane. A Key West, les circuits sont disposés de façon à faire fonctionner directement des postes télégraphiques duplex standards. Les circuits télégraphiques venant des appareils du système à courant porteur passent à travers des jacks dans un tableau commutateur de Morse, de façon à permettre de les relier à une ligne télégraphique quelconque ou à des lignes d'abonnés.

La disposition de la figure 14 est celle qui est employée pour le fonctionnement en duplex complet, c'est-à-dire lorsqu'on désire transmettre simultanément deux messages dans les deux directions sur le câble. Au moyen d'un commutateur placé sur le panneau des appareils télégraphiques à courant porteur, le circuit peut être disposé pour fonctionner seulement en semi-duplex. Dans ce cas, des messages peuvent être transmis sur le câble dans les deux directions mais non pas simultanément.

Télégraphe a courant continu.

Une unité d'appareils servant pour le système télégraphique à courant continu est reliée d'une manière permanente à chaque extrémité du câble, de façon à servir de relais pour les signaux télégraphiques entre le câble sous-marin et le circuit terrestre.

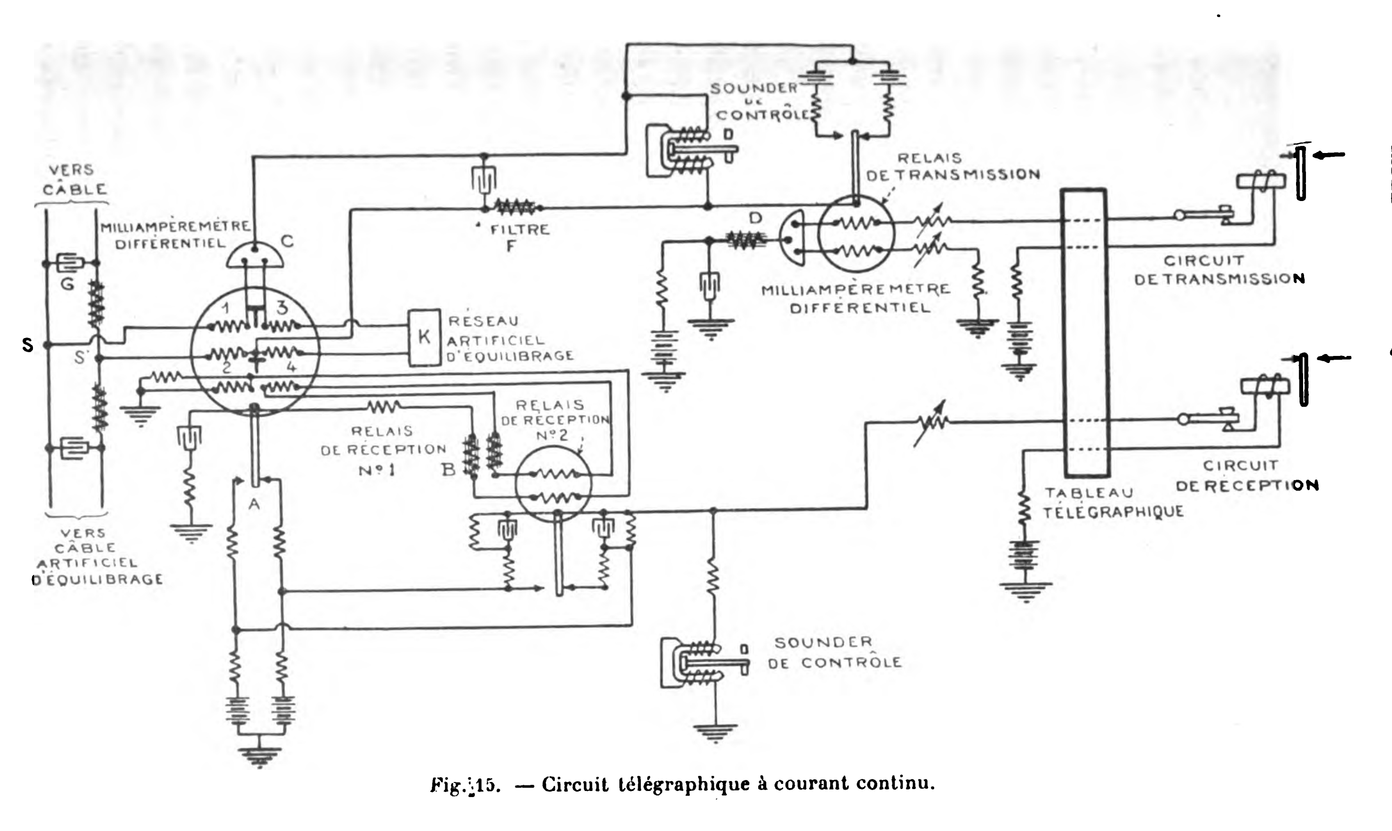


Fig. 15. — Circuit télégraphique à courant continu.

Quatre unités sont placées, l'une servant de réserve. Le schéma du circuit du relais entre le câble et la ligne terrestre est montré sur la figure 15. Le système est disposé pour le fonctionnement en duplex complet sur le câble.

Dans ce circuit télégraphique, la séparation des branches de réception et de transmission est obtenue par le relais principal de réception qui agit de la même façon qu'un transformateur de répéteur. Les courants envoyés sur le câble se divisent aux points T, la moitié du courant passant à travers les bobines 1 et 2 et l'autre moitié passant dans les bobines 3 et 4. Ces bobines sont reliées de telle façon qu'il y ait un bon équilibrage entre la ligne artificielle et le circuit télégraphique côté du relais. L'armature A n'est pas actionnée par les courants envoyés. L'examen de la figure 15 montre d'une façon évidente que les signaux venant du câble produisent dans les bobines du relais des actions qui s'ajoutent et font fonctionner le relais.

Le câble artificiel K équilibre, pour les fréquences auxquelles peuvent se ramener les courants télégraphiques, l'impédance entre les points S et S'. En se reportant aux figures 9 et 15, on voit que cette impédance comporte les deux moitiés du filtre G en parallèle, le câble et le réseau artificiel d'équilibrage du câble ainsi que l'impédance pour ces fréquences des appareils téléphoniques et des appareils télégraphiques à courant porteur. Le réseau artificiel contient une portion fixe destinée à équilibrer le filtre G et une partie réglable pour équilibrer le câble et l'équipement indiqué ci-dessus. L'équilibrage est vérifié au moyen d'un milliampèremètre différentiel C pendant que les signaux sont transmis sur le câble.

Les courants venant des lignes d'abonnés actionnent le relais de transmission qui agit comme inverseur pour changer la polarité de la batterie de 10 volts reliée au câble, conformément aux signaux reçus. Les filtres pour basses fréquences F et G laissent passer sans atténuation sensible toutes les fréquences au-dessous de 80 périodes, mais empêchent pratiquement le passage des courants de fréquences plus grandes. Ils laissent donc ainsi passer les composantes des courants continus télégraphiques qui

sont nécessaires pour le fonctionnement du système, mais ils arrêtent toutes celles qui pourraient causer des interférences dans les voies du téléphone et des télégraphes à courant porteur.

Un point caractéristique de la branche de réception est la connexion en tandem des relais de réception. Les courants arrivant du câble actionnent le relais sensible n° 1 montré sur la figure 15 et celui-ci à son tour fait fonctionner le relais de réception n° 2. L'armature du relais n° 2 agit également comme inverseur pour transmettre les signaux sur le circuit de réception. L'énergie disponible pour le fonctionnement du relais qui est relativement grande permet la construction d'un relais servant à commuter des courants importants qui sont transmis sur la ligne terrestre. Les résistances et condensateurs connectés entre l'armature et les contacts du relais de réception n° 2 sont placés pour supprimer les étincelles de rupture. Le but du transformateur B est de rendre plus rapides les mouvements des armatures des relais de réception.

Le circuit, tel qu'il est montré sur la figure 15 et décrit ci-dessus, est disposé de façon à être relié à deux circuits aboutissant à un abonné télégraphique local. Des appareils équivalents à un poste duplex standard sont prévus dans le panneau télégraphique de telle sorte que, par la manœuvre d'un commutateur, le poste puisse être adapté au fonctionnement en duplex directement sur une ligne terrestre, disposition qui est en usage à Key West où tous les circuits télégraphiques sont continués vers le nord. Des commutateurs sont aussi placés sur le panneau pour permettre le fonctionnement en semi-duplex au lieu du fonctionnement en duplex complet.

Les circuits de transmission, les circuits de réception et les batteries de 120 volts destinés au fonctionnement des circuits terrestres sont connectés à travers des contacts dans un tableau commutateur télégraphique standard, de telle sorte qu'ils puissent être connectés à volonté ou essayés.

ÉQUIPEMENT AUXILIAIRE

Un panneau de jacks et deux panneaux d'essais sont placés dans chaque bureau terminal pour permettre l'essai des circuits et des appareils terminaux et pour changer les connexions. Le panneau de jacks contient un système de jacks auxquels aboutissent tous les circuits et sur lesquels se terminent toutes les parties importantes de l'équipement, tels que les amplificateurs, les filtres, les réseaux artificiels et les transformateurs. Les panneaux d'essais portent un oscillateur destiné à fournir les courants d'essai aux fréquences téléphoniques et à celles des courants porteurs, les appareils de mesure pour l'essai des répéteurs téléphoniques et des circuits, des appareils pour vérifier l'équilibrage des réseaux artificiels et des lignes, des couples thermo-électriques et des appareils de mesure pour mesurer les courants porteurs, un fréquence-mètre pour mesurer leur fréquence et des appareils pour vérifier l'efficacité des appareils terminaux du système télégraphique à courant porteur.

Une batterie de 24 volts fournit le courant pour les filaments de toutes les lampes à vide des répéteurs téléphoniques, des appareils télégraphiques à courant porteur, des circuits d'appel et des appareils d'essai. Une batterie positive et une batterie négative de 120 volts fournissent le courant nécessaire aux postes télégraphiques duplex et aux circuits locaux des télégraphes à courant continu et à courant porteur. La batterie positive de 120 volts fournit aussi le courant de plaque pour toutes les lampes à vide. Les potentiels de grille des tubes à vide sont obtenus au moyen d'une batterie de 60 volts de faible capacité. Un certain nombre de batteries de 10 volts ont été prévues pour le fonctionnement des systèmes télégraphiques à courant continu sur les câbles. Toutes les batteries sont chargées au moyen du courant fourni par le réseau à travers des redresseurs à vapeur de mercure ; un groupe moteur-générateur à gaz est utilisé dans le cas où la distribution d'électricité manque. Des rhéostats pour régle-le courant des filaments des lampes à vide, des milliampère-

mètres pour mesurer les courants des filaments et les courants spéciaux et des voltmètres pour vérifier les voltages, des fusibles et autres appareils de protection sont prévus.

Fonctionnement

La relation entre l'équivalent total de transmission de la voie téléphonique dans les câbles, les gains possibles dans les amplificateurs terminaux et l'équilibrage obtenu entre les câbles et les réseaux artificiels est telle que la voie téléphonique peut fonctionner à une efficacité très sensiblement plus grande que celle qui était nécessaire pour les connexions aboutissant à La Havane et à Key West. Comme les câbles sont destinés à être employés en général comme une portion d'un long circuit, les réglages du fonctionnement qui ont été finalement adoptés furent déterminés par les circuits pris dans leur ensemble plus que par les câbles eux-mêmes. Un des câbles a été connecté à Key West avec une ligne interurbaine de façon à former un circuit direct New York-La Havane ; un autre a servi à constituer une ligne directe Jacksonville-La Havane et le troisième sert pour le circuit Key West-La Havane.

Le circuit New York-La Havane a été réglé de façon à avoir un équivalent de transmission égal à 12 milles de câble standard. Comme la portion New York-Key West a un équivalent de transmission de 10 milles, l'équivalent total du câble et des appareils terminaux est seulement de 2 milles. Le circuit Jacksonville-La Havane a été établi pour être équivalent à 11 milles et le circuit Key West-La Havane à 10 milles. En établissant des connexions à New York, les équivalents de transmission suivants sont obtenus : Entre La Havane et Chicago, 16 milles ; entre La Havane et San-Francisco, 20 milles. En plus du câble sous-marin, le circuit La Havane-Chicago comprend 3.940 kilomètres de ligne terrestre et le circuit La Havane-San-Francisco, 7.700 kilomètres.

Avec ces équivalents de transmission, des communications satisfaisantes peuvent être établies, non seulement de La Havane

avec les points de la partie Est des États-Unis, mais également avec les villes de la côte du Pacifique. L'emploi de répéteurs sur les lignes interurbaines de Cuba rend possible l'établissement des communications depuis tous les points de l'île jusqu'à tous les points des États-Unis. Bien que la majorité des communications téléphoniques sur les câbles aient été utilisées pour des conversations entre New York et La Havane, il y a eu également des communications venant d'autres villes telles que : Boston, Washington, Chicago, Saint-Louis, San-Francisco, New Orléans et Atlanta et également de Toronto et Montréal dans le Canada et d'un autre côté dans des villes de Cuba telles que Matanzas, Sagua et Santiago. Le trafic entre New York et La Havane a été si important par moments qu'il a été nécessaire de lui affecter deux des câbles pour les relations directes New York-La Havane.

Les appareils télégraphiques à courant continu fonctionnent si bien que leur connexion avec des circuits télégraphiques de Key West à New York n'affecte pas d'une manière appréciable la vitesse maximum de transmission. Les systèmes télégraphiques à courant porteur sont suffisamment bons pour permettre le fonctionnement de quatre télégraphes imprimeurs multiplex s'il devenait nécessaire de les employer pour le service.

En étudiant le système de câbles, on a prévu qu'il serait possible d'obtenir un plus grand nombre de communications télégraphiques en augmentant le nombre des voies télégraphiques à courant porteur pour chaque câble. Ainsi qu'il a déjà été décrit, les appareils placés et les connexions terrestres sont maintenant disposés pour le fonctionnement de six voies télégraphiques seulement : une voie télégraphique à courant continu et une voie à courant porteur pour chaque câble, ce nombre suffisant pour les besoins actuels du service. Dans le but cependant d'obtenir des informations en ce qui concerne le fonctionnement de voies télégraphiques à courant porteur additionnelles et pour donner une réserve au système télégraphique dans le cas de défauts sur les câbles, un cinquième poste télégraphique à courant porteur a été placé à chaque bureau terminal en même temps que des circuits

sélectifs spéciaux. Avec ces appareils, trois voies télégraphiques à courant porteur ont pu fonctionner avec succès sur un seul câble en employant des fréquences de 4.200 périodes pour lesquelles l'efficacité du circuit entre les bureaux terminaux est de 48 milles. Il est possible que le nombre des voies télégraphiques puisse encore être augmenté. La disposition actuelle des appareils télégraphiques à courant porteur rend possible par conséquent l'emploi de six voies télégraphiques sur deux câbles ou de quatre voies sur un seul câble. Ceci sera utile pour permettre de maintenir le service dans le cas de défauts sur les câbles.

A l'inauguration du service sur ces câbles sous les auspices de l'Union Pan-Américaine, des salutations furent échangées entre le Président et les Autorités gouvernementales des États-Unis à Washington et le Président de Cuba et son gouvernement à La Havane. A cette occasion, le circuit fut prolongé à travers New York et San-Francisco jusqu'à l'île de Santa-Catalina au large de la côte de Californie dans l'Océan Pacifique. Comme cette île est reliée au continent au moyen d'un système radio-téléphonique, la connexion totale obtenue avait une longueur de 8.800 kilomètres comprenant la communication radio-téléphonique par l'air, une ligne de 8.563 kilomètres à travers les États-Unis et le câble sous-marin de Key West à La Havane. Ce circuit comprenant vingt-cinq répéteurs montre les possibilités existant dans l'état actuel de développement de la téléphonie.

Le travail décrit dans ce mémoire a mis en application les idées actuelles dans toutes les branches de la téléphonie et de la télégraphie ; il est le résultat de la collaboration de plusieurs organisations : la Western Electric C° et l'American Telephone and Telegraph C° pour l'étude des câbles et des appareils terminaux ; M. l'Ingénieur Sir William Slingo pour l'inspection des câbles pendant la construction et la pose ; la Telegraph Construction and Maintenance C° de Londres pour la fabrication et la pose des câbles et le bureau d'études de MM. Clark, Forde et Taylor pour différentes questions relatives aux chemins suivis par les câbles.

ÉQUILIBRE BUDGÉTAIRE
DES ADMINISTRATIONS POSTALES
ET
ABAISSEMENT DES TARIFS INTERNATIONAUX DES LETTRES

Par M. Paul RIELLO,
Directeur de bureau à la Direction générale des Postes d'Italie.

L'auteur montre que, tout en sauvegardant le principe de l'équilibre des recettes et des dépenses d'exploitation de chaque administration postale il serait possible de diminuer les tarifs de base adoptés par le Congrès de Madrid pour l'affranchissement des lettres et des cartes postales :

1° en relevant le taux des services accessoires qui exigent des formalités spéciales insuffisamment rémunérées à l'heure actuelle;

2° en abaissant les frais de transport des lettres et cartes postales et en établissant un tarif uniforme pour toutes les catégories d'objet transportés.

Répercussion des difficultés financières des États sur l'œuvre du Congrès de Madrid

Le bouleversement que la crise économique causée par la guerre mondiale a produit dans la vie des peuples et l'augmentation des prix qui s'en est suivie, même dans les pays neutres, a apporté le désarroi dans tous les budgets publics y compris ceux des Administrations postales, lesquelles ne pouvant remédier à ce fâcheux état de choses par des économies, se sont vues en grand nombre contraintes de recourir à des augmentations de tarifs.

Cette situation anormale a fait sentir sa néfaste influence dans l'œuvre du Congrès postal universel de Madrid, qui, pour la



première fois depuis la fondation de l'Union postale, a marqué un pas en arrière dans la marche sur la voie du progrès.

En effet, tandis que dans tous les Congrès qui se sont réunis depuis 1874, date de la fondation de l'Union postale universelle à Berne, la majorité des Pays a toujours visé à obtenir la plus grande modération et uniformité de tarifs dans le but de développer les rapports entre les différents peuples et de les réunir toujours plus étroitement dans une œuvre de paix et de civilisation, au Congrès de Madrid elle a dû se résigner à une forte élévation de tarifs, qui ne peut qu'entraver sérieusement les communications épistolaires et apporter une gêne sensible aux relations internationales du public en général.

Intérêt de l'Union restreinte hispano-américaine

Il est vrai que, tel un phare dans la nuit, un point lumineux est apparu à Madrid même et a percé cette « vague de brouillard » qu'il faut souhaiter passagère : c'est la création d'une « Union restreinte » entre l'Espagne et les Pays de l'Amérique qui, en supprimant tous les frais de transit, applique aux correspondances échangées entre les Pays adhérents le tarif intérieur : ce point lumineux grandira certainement et réunira un jour, peut-être non éloigné, l'unanimité qui avait jusqu'ici été réalisée au sein de l'Union postale Universelle.

C'est dans le but de hâter ce jour et de contribuer à la reprise de la marche sur la voie traditionnelle du progrès, que je me hasarde à exposer dès à présent quelques idées embryonnaires qui, étudiées et développées par les Administrations de l'Union, pourraient en faciliter le moyen.

Le parasitisme des services accessoires

Le principe que les recettes du service postal doivent suffire à en couvrir les frais, appliqué par les Administrations qui ont augmenté leurs tarifs, est très juste et ne pourrait donner lieu à aucune objection, si elles ne s'occupaient que de l'exécution du service fondamental qui leur a donné naissance, savoir : le trans-

port et la distribution de la correspondance, service qui implique la solution de très graves problèmes d'intérêt général et qu'il est indispensable d'assurer avec la plus grande régularité possible dans un État moderne bien ordonné, quelle que soit la différence entre les frais d'exécution et le montant des recettes.

Mais, comme il est notoire, les Administrations postales, dans le but louable d'offrir toujours de nouvelles facilités au public, se sont chargées d'une infinité de services accessoires qui ont fini par submerger le service principal : celui de la poste aux lettres. Ainsi seulement dans les rapports internationaux on a dû rédiger sept conventions et arrangements pour régler d'abord le service de la poste aux lettres et ensuite les services des valeurs déclarées, des colis postaux, des mandats, des recouvrements, des abonnements aux journaux, des virements.

Ces services accessoires, dont certains impliquent de très graves responsabilités, ont fini par absorber d'une manière prépondérante l'activité du personnel des postes en reléguant au dernier plan le service de la poste aux lettres dont ils exploitent toute l'organisation à leur profit et, il faut bien le dire, au dommage du service des correspondances, puisqu'il est naturel que les agents et fonctionnaires de toute catégorie portent d'abord leur attention sur les parties du service qui engagent directement leur responsabilité pécuniaire et ensuite, s'ils en ont le temps, aux services qui n'impliquent qu'une responsabilité morale.

Parmi les Administrations de l'Union postale les mieux organisées, il n'y en a probablement aucune qui soit à même d'indiquer le prorata des dépenses de son budget passif séparément pour chaque branche des services qu'elle exécute, mais toutes considèrent ces frais en bloc et sont portées à augmenter les tarifs du service le plus généralisé, savoir celui des correspondances, pour combler les déficits causés par les autres services.

Sans cela on ne s'expliquerait pas pourquoi presque tous les Pays de l'Union se sont trouvés d'accord dans la méthode à suivre pour augmenter leurs recettes postales.

Cette quasi-unanimité de vues ne paraît cependant pas suffisante pour affranchir de toute critique le système adopté.

Il semblerait plus équitable de rectifier l'organisation des différents services postaux en fixant des tarifs qui assurent à chaque branche des recettes tout au moins proportionnées aux dépenses qu'elle entraîne, de manière à faire cesser le parasitisme de certains services qui prospèrent à l'ombre et au détriment du service principal de la poste.

Or si, sans entrer dans les détails des services intérieurs des Pays de l'Union, nous nous bornons à un examen, même très superficiel, des tarifs adoptés au Congrès de Madrid, nous relevons qu'il y a une foule de services que les bureaux de poste sont tenus de rendre au public à des taux qui ne sont nullement en rapport ni avec les frais qu'ils entraînent, ni avec le tarif adopté pour les lettres ordinaires.

Les tarifs des services accessoires sont trop faibles considérés en eux-mêmes et par rapport au prix d'affranchissement des lettres.

Si l'on suppose que la taxe de 50 centimes pour une lettre du poids de 20 grammes, circulant dans le service international, représente le coût du service rendu par l'Administration postale, que représente alors la taxe supplémentaire de 50 centimes perçue lorsque cette même lettre est expédiée sous recommandation ?

Indépendamment de la responsabilité que les envois de l'espèce entrainent pour le service postal on sait à quelle série d'enregistrements et de contrôles spéciaux ils donnent lieu.

La preuve que les frais causés par ce service spécial ne sont pas couverts par le droit de recommandation fixé par la Convention est donnée par le fait que certains Offices ont renoncé à la formalité de la description individuelle de ces envois sur les listes supplémentaires dans les transmissions effectuées dans leur service intérieur et qu'ils se bornent à les transmettre en bloc, de bureau à bureau, annonçant seulement leur nombre global sur la feuille d'avis.

Si l'on compare le travail auquel donne lieu une lettre recommandée avec celui qu'exige une lettre ordinaire on est porté à admettre que le droit de recommandation devrait être porté sinon

au quadruple, au moins au double de la taxe d'affranchissement de la lettre ordinaire d'un port simple.

La même considération s'applique aux envois avec valeur déclarée, dont le passage de bureau à bureau exige des opérations minutieuses de vérification, de poids et de contrôle du conditionnement extérieur de chaque envoi : le droit d'assurance maximum fixé à 50 centimes par 300 frs., constitue une rémunération insignifiante, si l'on tient comple du travail et de la responsabilité qui en résultent pour le service postal. Ce traitement de faveur est d'autant moins justifiable que le public utilise ce service pour transmettre des valeurs considérables qu'il ne déclare que pour la somme minima de 300 frs. en se couvrant, pour le surplus, au moyen d'assurances effectuées auprès des sociétés particulières qui sont ainsi celles qui bénéficient des facilités offertes par la poste.

Il apparaît donc qu'une augmentation du droit d'assurance serait bien justifiée et que, tout en augmentant le taux pour chaque somme de 300 frs. ou fraction de 300 frs., il y aurait lieu de fixer un minimum de droit à percevoir pour la première coupure de 300 frs. (par exemple un franc pour les premiers 300 frs. et 50 centimes pour chaque 300 frs. en plus.

La taxe pour les réclamations d'envois recommandés ou avec valeur déclarée a été portée à un franc (art. 7 C. P) mais, quoique ce droit puisse sembler assez élevé, il est encore fort audessous des frais que chaque réclamation entraîne pour le service postal, et il pourrait être doublé sans inconvénient, d'autant qu'il est prouvé par la pratique que la presque totalité des réclamations sont causées par l'impatience du public, qui s'adresse au bureau de poste chaque fois que son correspondant tarde à lui répondre : en effet sur cent objets réclamés il y en a tout au plus trois ou quatre dont on ne peut fixer le sort, tous les autres ayant été régulièrement livrés aux ayants droit.

Et que doit-on dire de la taxe spéciale des envois grevés de remboursement ? 10 centimes pour l'Office d'origine, 15 centimes pour l'Office de destination ! Cela pour un service qui constitue une sorte de guet-apens tendu aux employés de la poste, souvent rendus responsables du non-encaissement des sommes correspondantes.

Il s'agit d'un service qui cause de sérieux embarras aux bureaux de poste et qui n'est nullement rémunéré par la taxe insignifiante à laquelle il est assujetti, puisqu'on ne peut certainement pas faire entrer en ligne de compte la taxe du mandat émis pour rembourser à l'expéditeur la somme perçue et qui est à son tour insuffisante pour rétribuer le service des mandats.

Ce dernier service constitue en effet une autre importante branche de l'Administration postale qui exige une comptabilité et des contrôles minutieux ; il entraîne par suite des frais qui excèdent de beaucoup les recettes par le seul fait que le public ne se sert usuellement de la poste que pour l'envoi de petites sommes, de manière que souvent la taxe perçue (50 centimes pour les premiers 100 frs.) ne suffit pas même, pour ainsi dire, à couvrir les frais des formules employées et de la comptabilité nécessaire.

De même le service des recouvrements, quoique de moindre envergure, donne lieu à de minutieuses formalités et à de nombreuses opérations qui ne sont nullement rémunérées à leur juste valeur, par le droit de 30 centimes que l'art. 7 de l'Arrangement alloue pour toute valeur recouvrée et le droit de 20 centimes pour chaque valeur qui demeure impayée, après avoir été présentée à l'encaissement.

Quant au service des abonnements aux journaux il suffit de dire qu'il fonctionne aux dépens de la « poste aux lettres » pour le transport et la distribution des envois, et du service des mandats des postes pour la transmission du prix d'abonnement, offrant ainsi, surtout dans les rapports entre pays limitrophes (qui sont d'ailleurs les seuls où il ait une réelle importance) un bénéfice énorme au public, aux frais du budget général de la poste qui, pour chaque abonnement, perd, dans ce cas, les taxes d'affranchissement des journaux d'après le tarif international et ne perçoit qu'un petit droit fixe et la taxe d'affranchissement spéciale en vigueur pour les journaux expédiés par les éditeurs (1/2 centime par journal de 50 grammes en Italie).

Ces quelques exemples paraissent suffisants pour démontrer qu'il n'y a pas lieu d'être surpris si, avec de si nombreuses opérations accessoires confiées aux bureaux de poste contre paye-

ment de taxes insignifiantes, les budgets des Administrations postales se soldent en déficit ; c'est le contraire qui étonnerait surtout si l'on tient compte de ce fait que les « services accessoires », de caractère international, sont encore peu de chose à côté de ceux que beaucoup d'Offices effectuent dans leur service intérieur, tels que :

Caisse d'épargne postale ;

Payements pour le compte du Trésor ;

Payements des mandats émis par certaines banques pour le compte des émigrés ;

Légalisation de documents ;

Encaissement de coupons de la dette publique ;

Émission de bulletins pour la circulation de l'alcool ;

Caisses de prévoyance, de maternité, etc., etc.

Tous ces services exigent une infinité d'opérations de caractère spécial pour lesquelles la connaissance d'autant de dispositions réglementaires différentes est indispensable et qui, par cela même, entraînent une énorme perte de temps et deviennent très coûteux.

Il est donc évident que, lorsqu'en matière de tarifs de la poste aux lettres, on mentionne les dépenses « énormes » des Administrations postales pour en justifier l'augmentation, on commet une injustice au dommage de la plus nombreuse catégorie des clients de la poste, puisque ces dépenses sont pour les trois quarts, sinon pour les quatre cinquièmes, imputables aux services accessoires.

Disproportion entre le coût du transport des lettres et celui des autres objets de correspondance

Les fortes dépenses existent sans doute et certaines sont à leur tour d'une injustice criante qu'il faudrait tâcher d'éliminer.

Peut-on, par exemble, justifier le taux de 8 frs. pour le transport d'un kilogramme de lettres et cartes postales dans les rapports avec les pays d'outremer pour les parcours excédant 1.500 milles ? Il s'agit en effet d'un taux de 8.000 francs par tonne, qu'aucun genre de marchandise n'a atteint pendant la grave crise maritime qui a sévi dans ces dernières années.

L'anomalie de ce taux est d'autre part prouvée par le fait qu'on n'exige que 1.000 francs pour le même poids d'imprimés transportés par le même paquebot, mais avec cette circonstance aggravante qu'ordinairement ils représentent un volume supérieur à celui de 1.000 kg. de lettres ; mais il y a pis encore : pour transporter deux cents colis postaux du poids de 1.000 kilogrammes on n'exige que 120 frs. (article 3 convention colis postaux) pour un parcours de 2.000 milles, droit qui, majoré de 100 °/₀, peut être porté à un maximum de 240 francs, bien éloigné encore de celui de 8.000 francs exigé pour le même poids de lettres et cartes postales éventuellement transportées par le même paquebot, sur le même parcours !

On se base pour le maintien de ces prix sur les frais énormes qu'exige l'entretien des lignes postales rapides, mais il y a lieu de remarquer que ces lignes ne sont réellement productives que par les bénéfices que donne le transport des passagers et des marchandises et qu'elles fonctionneraient sans doute également si par exemple le service postal se faisait par avion, de même que fonctionnent les grands express rapides sur les lignes de chemins de fer, indépendamment du service postal.

Le moment semblerait donc venu d'évaluer sur d'autres bases la rémunération à payer pour le transport des correspondances et comme les dépêches se composent de deux catégories d'envois « lettres et cartes postales » et « autres objets », souvent dans le même sac, il n'y a aucune raison technique qui justifie l'application de deux tarifs différents pour leur transport. Les taux uniques de 20 ou 25 centimes par kilogramme du poids global, pour le transport territorial, et de 1 franc, pour le transport maritime supérieur à 1.500 milles (à titre d'exemple), sembleraient bien suffisants.

CONCLUSION

Si les remarques qui précèdent ont quelque valeur, il ne devrait pas y avoir de sérieuses difficultés à admettre que les tarifs de base de la poste aux lettres adoptés par le Congrès de Madrid

sont de beaucoup trop élevés et, dans ce cas, le prochain Congrès postal de Stockholm, pourrait commémorer le cinquantenaire de la fondation de l'Union postale Universelle d'une manière qui serait vivement appréciée du public, en retournant tout au moins au tarif de 25 centimes or, pour chaque port de lettre, et de 10 centimes pour la carte postale simple, sauf à augmenter rationnellement le taux des services accessoires qui exigent des formalités spéciales, ou bien engagent la responsabilité pécuniaire des différents Offices.

LA PROPAGATION DES COURANTS TÉLÉPHONIQUES
DANS LES CIRCUITS COMBINÉS

Par M. PICAULT,
Ingénieur des Postes et Télégraphes.

La présente étude a pour but d'étendre aux circuits combinés la théorie de la propagation établie pour les circuits à deux fils. Pour cela, il est nécessaire de définir avec précision la self-induction et la capacité du circuit combiné.

La définition de la capacité ne présente aucune difficulté spéciale dans le cas où les fils sont placés en carré ou en rectangle, comme c'est le cas en France dans les lignes aériennes ; d *désignant le côté du carré formé par les fils*, ρ *le rayon des fils, on trouve :*

$$C = \frac{1}{2\,Log\dfrac{d}{\rho\sqrt{2}}}$$

La définition de la self-induction est plus délicate ; traitant d'abord l'induction mutuelle de deux circuits distincts, et utilisant pour cela les propriétés du potentiel vecteur qui permet de déterminer d'abord le champ magnétique du circuit inducteur, puis le flux dans le circuit induit, on trouve une formule simple, qui dans le cas où les deux circuits sont confondus, donne pour expression de la self-induction du combiné :

$$L = \frac{1}{2}(L_1 - M_1).$$

L_1 *étant la self des deux circuits qui peuvent être formés à l'aide des quatre fils du combiné (toujours placés en carré ou en rectangle), et* M_1 *leur coefficient d'induction mutuelle.*

Ces deux formules supposent que l'intensité est la même en valeur

absolue dans les quatre fils du combiné, ce qui est rigoureusement vrai avec le montage français des circuits aériens et n'a lieu qu'à cause des croisements et rotations des combinants dans certains autres montages.

La théorie de la propagation s'applique alors sans difficulté. Elle permet de calculer les circuits combinés comme des circuits ordinaires.

Si l'on compare les affaiblissements des circuits combinés à ceux des circuits ordinaires, avec le montage « en diagonale » employé en France, bien que la résistance ohmique d'un combiné soit la moitié de celle d'un des circuits simples qui le constituent, son affaiblissement est cependant plus élevé que celui de l'un des circuits simples, et cela parce que la self est plus faible et la capacité plus grande. Cette particularité ne se produirait pas si les circuits étaient placés « en plan », c'est-à-dire si chacun d'eux avait ses fils dans le même plan horizontal, ce serait alors le combiné qui aurait l'affaiblissement le plus faible, et les circuits simples l'affaiblissement le plus élevé ; mais l'affaiblissement du combiné dans ce deuxième cas serait cependant supérieur à l'affaiblissement d'un circuit simple du premier cas.

Remarques préliminaires. — Si l'on dispose de deux circuits bifilaires A A′, B B′, exploités à la manière habituelle, il est possible de transmettre par eux une 3e communication téléphonique, dans laquelle les deux fils de chacun d'eux sont parcourus en parallèle (fig. 1). Ce résultat s'obtient au moyen de bobines à deux enroulements identiques, montés de telle manière que les selfs s'ajoutent quand ils sont parcourus en série et qu'elles se retranchent quand ils sont parcourus en parallèle. Si i désigne l'intensité dans chacun des fils et I l'intensité dans les deux fils en parallèle,

$$I = 2\,i.$$

Les quatre fils étant supposés identiques, il semble *a priori* naturel d'admettre que, au point d'abscisse x, le potentiel des deux fils A et A′ est le même, soit V_1 ; celui des deux fils, B et B′ est également le même, soit V_2, les intensités étant les mêmes dans les quatre fils. Nous verrons que cela n'a pas toujours lieu.

La résistance linéique de boucle d'un des circuits (deux fils en série) étant r, la résistance de boucle du circuit combiné sera $R = \frac{r}{2}$.

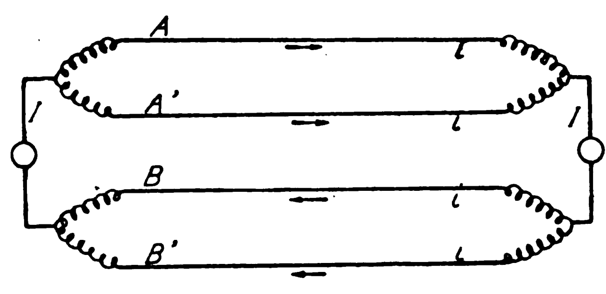


Fig. 1.

Nous désignerons par S la perditance du circuit combiné, par C et L sa capacité et sa self-induction (toujours par unité de longueur) ; la seule difficulté est de donner les expressions de C et L ; connaissant ces coefficients, les équations de la propagation se mettent sous la forme habituelle :

$$(1) \qquad -\frac{\partial V}{\partial x} = RI + L\frac{\partial I}{\partial t}$$

$$-\frac{\partial I}{\partial x} = SV + C\frac{\partial V}{\partial t}$$

et la théorie de la propagation s'applique sans modifications.

Il importe de bien préciser le sens des équations (1). La première s'obtient en appliquant le principe de la conservation de l'énergie. Si e désigne la force électromotrice dans un circuit de résistance R et de self, L, l'équation :

$$e = RI + L\frac{dI}{dt}$$

est déduite de l'équation :

$$eI\,dt = RI^2\,dt + LI\,dI$$
$$= RI^2\,dt + \frac{1}{2}d(LI^2).$$

LI^2 représente justement l'énergie magnétique de self-induction produite par le courant qui traverse le circuit.

La seconde est une équation de continuité ; elle exprime que la différence entre la quantité d'électricité qui entre dans un élément du circuit et celle qui en sort est égale à la somme de deux termes ; l'un correspondant à la quantité d'électricité qui passe d'un fil à l'autre, par la perditance ; l'autre relatif à celle qui reste dans l'élément pour faire varier de dV la différence de potentiel entre les deux conducteurs d'aller et ceux de retour.

Nous admettrons dans tout ce qui suit que les fils des deux circuits combinés sont placés aux quatre sommets d'un carré, les deux fils du même circuit occupant les deux sommets opposés, comme cela a lieu en France ; on sait que l'on désigne sous le nom de distance d'armement le côté du carré.

Expression du coefficient C. — Il s'agit de trouver la relation entre la charge Q des deux fils d'aller par ex. (les deux fils de retour supportant la charge Q) et la différence de potentiel entre les fils d'aller et de retour supposés seuls dans l'espace (ou suffisamment écartés des autres conducteurs pour que cette hypotèse puisse être admise).

Or si nous considérons 4 conducteurs cylindriques parallèles portant les charges q_1, q_2, q_3, q_4 et portés aux potentiels V_1, V_2, V_3, V_4, on sait que les q_i sont liés aux V_i par les relations linéaires où les quantités C_{ik} sont des constantes par rapport à q_i et V_i telles que :

$$C_{ik} = C_{ki}$$

$$\begin{aligned}
V_1 &= C_{11} q_1 + C_{12} q_2 + C_{13} q_3 + C_{14} q_4 \\
V_2 &= C_{21} q_1 + C_{22} q_2 + C_{23} q_3 + C_{24} q_4 \\
V_3 &= C_{31} q_1 + C_{32} q_2 + C_{33} q_3 + C_{34} q_4 \\
V_4 &= C_{41} q_1 + C_{42} q_2 + C_{43} q_3 + C_{44} q_4
\end{aligned}$$

Ici $q_1 = q_2 = q \qquad q_3 = q_4 = -q$.

Il est d'autre part facile de trouver les coefficients C_{ik} en s'appuyant sur la remarque suivante :

Dans l'étude de la capacité de deux conducteurs cylindriques en parallèles, on démontre [1] que le potentiel au point M extérieur aux deux cylindres est donné par la formule :

---

(1) Voir p. ex. Pomey (Cours d'électricité théorique, p. 80).

$$V_M = 2\,q \operatorname{Log} \frac{\lambda}{\mu}.$$

λ et μ étant les distances du point M aux deux points limites du faisceau défini par les deux cercles, sections droites des cylindres par un plan passant par le point M (fig. 2).

Si les deux fils sont assez éloignés l'un de l'autre pour que le rapport $\frac{d}{\rho}$ de la distance de leurs centres à leur rayon commun soit assez grand devant l'unité, on peut admettre que les deux points limites sont confondus avec les centres des deux circon-

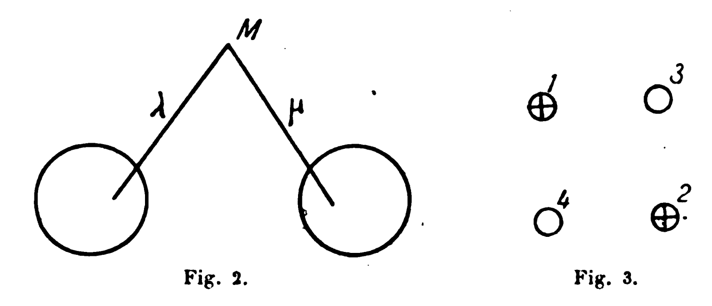


Fig. 2. Fig. 3.

férences (1) ; cette approximation revient à admettre que la densité est uniforme sur chaque surface ; ainsi, le potentiel au point M est la somme des potentiels dus à chaque cylindre supposé isolé dans l'espace, l'un des cylindres portant la charge $+q$, l'autre la charge $-q$.

Ici, nous pouvons, en faisant la même approximation et en désignant par λ_1, λ_2, λ_3, λ_4 les distances du point M aux axes des quatres fils (fig. 3), écrire :

$$V_M = 2\,q \operatorname{Log} \frac{\lambda_3}{\lambda_1} + 2\,q \operatorname{Log} \frac{\lambda_4}{\lambda_2} = 2\,q \log \frac{\lambda_3\,\lambda_4}{\lambda_1\,\lambda_2}$$

La formule s'applique pour tout l'espace extérieur aux cylin-

(1) Ce qui donne la formule approximative habituellement employée pour la capacité de deux fils identiques :

$$C = \frac{1}{4 \operatorname{Log} \frac{\alpha}{\rho}} \text{ au lieu de } C = \frac{1}{2 \operatorname{Log} (\alpha + \sqrt{\alpha^2 - 1})} \text{ où } \alpha = \frac{d^2 - 2\,\rho^2}{2\,\rho^2}$$

dres jusqu'à leurs surfaces. A la surface du fil, $\lambda_1 = \rho$ rayon de ce fil ; si nous désignons par λ_{ik} la distance des deux fils, il vient en appliquant la formule successivement à des points situés sur les surfaces des quatre fils :

$$V_1 = 2\,q \operatorname{Log} \frac{\lambda_{13} \cdot \lambda_{14}}{\rho \cdot \lambda_{12}} \quad V_2 = 2q \operatorname{Log} \frac{\lambda_{23} \cdot \lambda_{24}}{\lambda_{12} \cdot \rho}$$

$$V_3 = 2\,q \operatorname{Log} \frac{\lambda_{34} \cdot \rho}{\lambda_{13} \cdot \lambda_{23}} \quad V_4 = 2\,q \operatorname{Log} \frac{\lambda_{34} \cdot \rho}{\lambda_{34} \cdot \lambda_{24}}$$

et comme les fils sont placés aux sommets d'un carré de côté d

$$V_1 = 2\,q \operatorname{Log} \frac{d}{\rho\sqrt{2}}, \quad V_2 = 2\,q \operatorname{Log} \frac{d}{\rho\sqrt{2}}, \quad V_3 = -2q \operatorname{Log} \frac{d}{\rho\sqrt{2}}$$

$$V_4 = -2\,q \operatorname{Log} \frac{d}{\rho\sqrt{2}} \qquad V = V_1 - V_3 = 4\,q \operatorname{Log} \frac{d}{\rho\sqrt{2}}$$

et comme :

$$Q = 2\,q$$

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{1}{2 \operatorname{Log} \dfrac{d}{\rho\sqrt{2}}}$$

Si la différence de potentiel V varie de dV, la charge varie de dQ :

$$dQ = C\,dV.$$

La méthode se généralise immédiatement au cas où les quatre fils forment un rectangle. Avec la disposition indiquée (fig. 4) où les circuits sont placés l'un dans le plan supérieur, l'autre dans le plan inférieur, on trouve en faisant un raisonnement analogue au précédent :

$$C = \frac{1}{2 \operatorname{Log} \dfrac{bc}{\rho a}}$$

dans ce cas, si l'on suppose que les deux fils du premier circuit portent des charges égales, ceux du second circuit des charges égales et de signes contraires, on trouve encore que le potentiel de chacun des fils du premier circuit étant égal à V, le potentiel de chacun des fils du second circuit est égal à — V.

Les choses sont beaucoup moins simples si les fils ne sont pas placés d'une manière parfaitement symétrique. Si par exemple, on cherche à combiner deux circuits voisins en plan (fig. 5), on

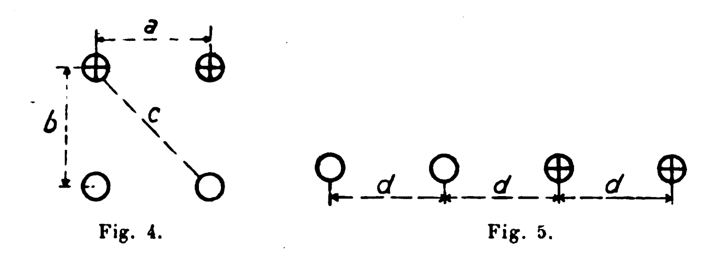


Fig. 4. Fig. 5.

ne peut plus écrire que les potentiels sont égaux en même temps que les charges, et si l'on désigne par q_1, q_2, q_3, q_4, les charges des 4 fils, satisfaisant à la condition :

$$q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = o$$

il vient :

$$V_M = 2\, q_1 \text{ Log } \lambda_1 + 2\, q_2 \text{ Log } \lambda_2 + 2\, q_3 \text{ Log } \lambda_3 + 2\, q_4 \text{ Log } \lambda_4$$

et en l'appliquant successivement à un point situé à la surface de chacun des fils, on trouve :

$$\begin{aligned} V_1 &= 2 q_1 \text{ L} \rho + 2 q_2 \text{ L} d + 2 q_3 \text{ L} 2d + 2 q_4 \text{ L} 3d \\ V_2 &= 2 q_1 \text{ L} d + 2 q_2 \text{ L} \rho + 2 q_3 \text{ L} d + 2 q_4 \text{ L} 2d \\ V_3 &= 2 q_1 \text{ L} 2d + 2 q_2 \text{ L} d + 2 q_3 \text{ L} \rho + 2 q_4 \text{ L} d \\ V_4 &= 2 q_1 \text{ L} 3d + 2 q_2 \text{ L} 2d + 2 q_3 \text{ L} d + 2 q_4 \text{ L} \rho \end{aligned}$$

et on voit bien qu'il est impossible sans absurdité de supposer en même temps :

$$V_1 = V_2 = -V_3 = -V_4 \qquad q_1 = q_2 = -q_3 = -q_4$$

il faudrait :

$V_1 = -V_4$, $V_2 = -V_3$ $q_1 = -q_4$ $q_2 = -q_3$ avec V_1, V_2, q_1, q

Dans ce cas, on ne peut plus admettre que les intensités dans les quatre fils sont égales, en même temps que leurs potentiels. La théorie deviendrait plus difficile.

Pratiquement, les intensités dans les quatre fils restent sensiblement égales à cause des rotations ou des croisements des

circuits combinants. Une difficulté analogue se présenterait dans la théorie de la combinaison de deux circuits en plan dont les fils sont placés aux sommets d'un parallélogramme comme c'était le cas dans les lignes en consoles antérieures à 1917.

Les montages employés actuellement en France étant symétriques, nous nous bornerons au cas où les fils sont placés symétriquement, de manière que :

$$V_1 = V_2 = -V_3 = -V_4 \qquad i_1 = i_2 = -i_3 = -i_4$$

Expression du coefficient L. — Pour déterminer L, nous ferons appel aux propriétés de potentiel vecteur.

Si F, G, H sont les composantes au point M (x, y, z) du potentiel vecteur du champ magnétique produit par le circuit inducteur, le flux magnétique à travers le feuillet limité par un autre circuit Σ est représenté par l'intégrale curviligne :

$$\int_{\Sigma} (F\,dx + G\,dy + H\,dz)$$

En particulier dans le cas où le circuit induit est formé par deux fils parallèles A et B, nous prendrons l'intégrale le long du fil A avec un certain sens, et en sens opposé le long du fil B. C'est ce que nous désignerons par la notation

$\int_{A,-B} (F\,dx + G\,dy + H\,dz)$, le signe — B indiquant que l'intégrale est prise dans le sens négatif le long du fil B.

Dans le cas où le circuit inducteur est formé par des fils parallèles, on peut déterminer facilement les quantités F, G, H en s'appuyant sur les propriétés suivantes du potentiel vecteur :

1° $\Delta F = 4\pi u, \quad \Delta G = 4\pi v, \quad \Delta H = 4\pi w.$

u, v, w étant les composantes du courant au point M.

2° le potentiel vecteur est continu ainsi que ses dérivées premières quand on traverse la surface des conducteurs.

3° le potentiel vecteur est nul à l'infini.

Proposons-nous d'abord de déterminer la fonction satisfaisant aux deux premières conditions pour un seul fil. Si nous prenons comme axe oz, l'axe du fil, les composantes u, v de l'intensité sont nulles, F et G sont nuls et il reste :

$$\Delta H = 4\pi W \text{ dans le fil}$$
$$\Delta H = 0 \text{ à l'extérieur.}$$

Nous admettrons que le courant est uniformément réparti dans le fil de rayon a de sorte que l'intensité I est reliée à w par la relation :

$$\pi a^2 W = 1$$

H est une fonction de la seule distance r à oz, et on aura :

$$\Delta H = \frac{d^2 H}{d r^2} + \frac{1}{r} \frac{d H}{d r}$$

A l'extérieur du fil :

$$\frac{d^2 H}{d r^2} + \frac{1}{r} \frac{d H}{d r} = 0$$

ce qui donne en intégrant : $H = A \operatorname{Log} r + B$.

A et B étant deux constantes.

A l'intérieur du fil :

$$\frac{d^2 H}{d r^2} + \frac{1}{r} \frac{d H}{dr} = -\frac{4 I}{a^2}$$

d'où :

$$H = -\frac{I r_2}{a_2} + A' \operatorname{Log} r + B'$$

A' est nul parce que H reste fini en O pour $r = o$, et par suite

$$H = -\frac{I r^2}{a^2} + B'$$

Au point $r = a$, à la surface extérieure du fil H et $\frac{dH}{dr}$ sont continus, ce qui donne :

$$A \operatorname{Log} a + B = -1 + B'$$

$$\frac{A}{a} = -\frac{2 I}{a}$$

d'où on tire :

$$A = -2 I$$
$$B' = I - 2 I \operatorname{Log} a + B$$

A l'extérieur du fil :

$$H = -2 I \operatorname{Log} r + B.$$

Cette valeur de H permet de retrouver très simplement le coefficient d'induction mutuelle de deux circuits parallèles.

Si le circuit inducteur est formé par deux fils parallèles parcourus l'un par le courant I, l'autre par le courant — I, supposés comme d'habitude uniformément répartis dans chacun des fils, si r_1 et r_2 sont les distances du point M aux deux fils le potentiel vecteur du champ magnétique produisant le circuit est la somme des fonctions H_1 et H_2 qui correspondent à chacun des fils :

$$H = 2\,I\,\text{Log}\,r_2 - 2\,I\,\text{Log}\,r_1 + C = 2\,I\,\text{Log}\,\frac{r_2}{r_1} + C$$

le potentiel vecteur s'annulant à l'infini $C = 0$, car le rapport $\frac{r_1}{r_2}$ tend vers l'unité quand le point M s'éloigne indéfiniment :

$$H = 2\,I\,\text{Log}\,\frac{r_2}{r_1}$$

Si nous supposons maintenant que le circuit induit est bifilaire (fig. 6), les distances des deux fils M et N qui le constituent

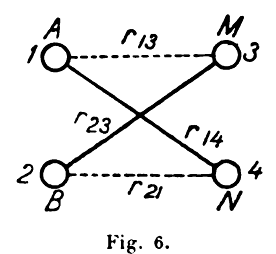


Fig. 6.

aux deux fils inducteurs étant respectivement r_{13}, r_{23} et r_{14} r_{24}, le flux dans le circuit induit est :

$$\varphi = 2\,I\,l\,\text{Log}\,\frac{r_{23}}{r_{13}} - I\,l\,\text{Log}\,\frac{r_{24}}{r_{14}} = I\,l\,\text{Log}\,\frac{r_{23}\;r_{34}}{r_{13}\;r_{14}}$$

La force électromotrice induite étant $\frac{d\,\varphi}{d\,t}$, le coefficient d'induction mutuelle est :

$$M = 2\,l.\,\text{Log}\,\frac{r_{23}\;r_{14}}{r_{13}\;r_{12}}$$

ce qui est la formule habituelle.

Dans le cas où les quatre fils sont placés au sommet d'un

carré de côté d, *les circuits n'étant pas en diagonale*, A et B occupant deux sommets consécutifs et M et N les deux autres sommets,

$$M = 2\, l \,\mathrm{Log} \frac{d\,\delta_2\, d\,\delta_2}{d^2} = 2\, l\, \mathrm{Log}\, 2.$$

en unités C G S.

Si, au contraire les quatre fils sont placés au sommet d'un carré, *les circuits étant en diagonale*,

$$M = 2\, l\, \mathrm{Log}\, 1 = 0.$$

La généralisation aux circuits combinés se fait facilement, en s'appuyant sur les remarques suivantes :

1° Dans le cas où le circuit inducteur est formé par plusieurs circuits élémentaires en série et où le circuit induit a une constitution identique, on peut grouper les éléments des deux circuits dans un ordre quelconque, car si :

$$H = H_1 + H_2 + \dots + H n$$

et le circuit induit est formé de plusieurs segments C_1, C_2, C_3.

$$\int_{C_1+C_2+C_3} (H_1 + H_2 \dots H n)\, dx = \int_{C_1+C_2+C_3} H_1\, dx + \int_{C_1+C_2+C_3} H\, dx +$$

$$= \int_{C_1} H_1\, dx + \int_{C_2} H_1\, dv + \int_{C_3} H + dx \int_{C_1} H_2\, dx + \int_{C_2} H_2\, dx \int_{C_3} H_3 dx +$$

$$\dots\dots + \int_{C_1} H n\, dx + \int_{C_2} H n\, dx + \int_{C_3} H n\, dx.$$

et on peut intervertir l'ordre des termes de cette somme.

Fig. 7.

Fig. 8.

2° Si le circuit inducteur comprend les dérivations, comme c'est le cas pour le circuit figuré qui comprend trois dérivations

entre les points A B (fig. 7), on peut calculer le potentiel vecteur comme celui de 3 circuits parcourus par les intensités i_1, i_2, i_3 et formés par le fil d'aller combiné successivement avec chacune des dérivations du circuit de retour, ce qui donne (fig. 7) :

$$H = 2\, i_1 \, L\, r_1 + 2\, i_2 \, L\, r_2 + 2\, i_3 \, L\, r_3 - 2\, I\, L\, r_4 = 2I$$

$$\left[\frac{1}{d_1} L\, r_1 + \frac{1}{d_2} L\, r_2 - L\, r_2 + \frac{1}{d_3} + L r_3 - L r\right]$$

$$\text{si } i = \frac{I}{d_1}\, i_2 = \frac{I}{d_2}\, i_3 = \frac{I}{d_3}$$

Les coefficients d_1, d_2, d_3 se calculent facilement en fonction des résistances.

Si l'on veut calculer le flux produit par un tel circuit dans un circuit simple, il convient de prendre $\int_{A'-B} H \, d\, l$, ce qui ne donnera lieu à aucune difficulté.

Si le circuit induit présente des dérivations, le flux total envoyé dans ce circuit est la somme des flux partiels envoyés dans chacun des circuits élémentaires qui le constituent ; le flux total se calcule par la formule :

$$\frac{1}{\alpha_{B'}}\int_B H ds + \frac{1}{\alpha_{C'}}\int_C H ds + \frac{1}{\alpha_D}\int_D H ds + \int_{-A} H ds$$

$\alpha_{B'}$, $\alpha_{C'}$, α_D étant les coefficients qui donnent les intensités dans les diverses branches dérivées en fonction de l'intensité I' dans le circuit principal (fig. 8) ; de cette manière, on introduit dans l'expression de l'énergie la quantité M I I', et M est bien le coefficient d'induction mutuelle des deux circuits.

Si le circuit induit présente des dérivations sur les conducteurs d'aller comme sur ceux de retour, il suffit de faire la somme :

$$\frac{1}{\alpha_{B'}}\int_B H d\, s + \frac{1}{\alpha_{C'}}\int_C H ds + \frac{1}{\alpha_{D'}}\int_D H ds + \frac{1}{S_{A'}}\int_{-A} H ds$$

$$+ \frac{1}{S_{-A'}}\int_{-A'} H ds$$

les coefficients α_B, α_C, α_D ayant la même signification que plus haut, les coefficients $S_{A'}$, S_{-A}' ayant une signification analogue (fig. 9).

Le calcul du coefficient d'induction mutuelle de deux circuits combinés peut maintenant se faire facilement.

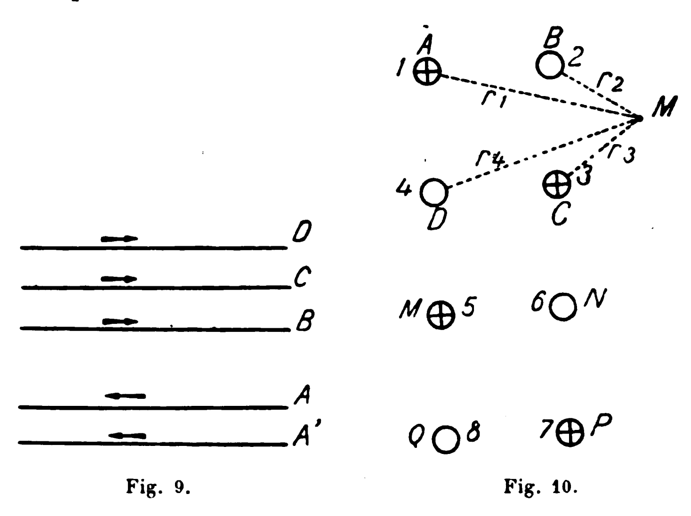


Fig. 9. Fig. 10.

L'un des circuits A B C D (fig. 10) étant considéré comme le circuit inducteur, on calcule le potentiel vecteur produit par les quatre fils qui le constituent ; i désignant l'intensité dans un des fils, I l'intensité dans deux fils en parallèle ($I = 2\ i$), l'expression du potentiel vecteur au point M est :

$$2\,i\ \mathrm{Log}\, r_1 + 2\,i\ \mathrm{Log}\, r_3 - 2\,i\ \mathrm{Log}\, r_2 - 2\,i\ \mathrm{Log}\, r_4$$

$$= 2\,i\ \mathrm{Log}\, \frac{r_1\, r_3}{r_2\, r_4} = \mathrm{I}\ \mathrm{Log}\, \frac{r_1\, r_3}{r_2\, r_4}$$

Le circuit induit étant le circuit M N P Q (M et P fils d'aller, P et Q fils de retour), nous devons intégrer cette expression successivement le long des 4 fils de ce circuit, avec un certain signe pour les conducteurs d'aller et le signe opposé pour les conducteurs de retour et en affectant chaque côté du coefficient $\frac{1}{2}$, ce qui donne :

$$\frac{\mathrm{I}\,l}{2}\log\frac{r_{51}.\ r_{53}}{r_{52}.\ r_{54}}+\frac{\mathrm{I}\,l}{2}\log\frac{r_{71}.\ r_{73}}{r_{72}.\ r_{74}}-\frac{\mathrm{I}\,l}{2}\log\frac{r_{61}.\ r_{63}}{r_{62}.\ r_{64}}-\frac{\mathrm{I}\,l}{2}\log\frac{r_{81}.\ r_{83}}{r_{82}.\ r_{84}}$$

l étant la longueur des deux circuits, r_{ik} la distance des deux fils, i, K.

Cette expression peut s'écrire :

$$\frac{\mathrm{I}\,l}{2}\log\frac{r_{51}.\ r_{62}.\ r_{71}.\ r_{82}.\ r_{53}.\ r_{64}.\ r_{73}.\ r_{84}.}{r_{61}.\ r_{52}.\ r_{81}.\ r_{72}.\ r_{63}.\ r_{45}.\ r_{38}.\ r_{74}.}$$

ou :

$$\frac{\mathrm{I}\,l}{2}\left[\log\frac{r_{51}.\ r_{62}}{r_{61}.\ r_{25}}+\log\frac{r_{17}.\ r_{28}}{r_{18}.\ r_{72}}+\log\frac{r_{53}.\ r_{64}}{r_{63}.\ r_{45}}+\log\frac{r_{37}.\ r_{48}}{r_{38}.\ r_{34}}\right]$$

Les expressions entre crochets représentent les coefficients d'induction mutuelle des circuits A B et M N, A B et P Q, C D et M N, C D et P Q,
soient M_1, M_2, M_3, M_4 (en valeur absolue)

$$\frac{1}{4}\left\{-M_1+M_2+M_3-M_4\right\}$$

Ainsi, on trouve finalement en désignant par M, le coefficient d'induction mutuelle :

$$M=\frac{1}{4}\left|-M_1+M_2+M_3-M_4\right|$$

Dans le calcul du flux, nous avons considéré les fils comme de simples lignes ; mais il est bien évident que la méthode s'appliquerait encore si on tenait compte de l'épaisseur des fils et conduirait au même résultat que la formule donnant M en fonction de M_1, M_2, M_3, M_4 est encore vraie dans ce cas.

On obtient facilement la self-induction comme limite du cas précédent : si nous faisons tendre le circuit M N P Q vers A B C D, de manière que M N vienne sur A B et P Q sur C D, M_1 tendent et M_4 vers L_1 self-induction de A B (ou de C D) et M_2 et M_3 tendent vers M_1, coefficient d'induction mutuelle de A B et C D et on trouve pour expression de la force électromotrice de self-induction :

$$L=\frac{1}{2}(L_1-M_1)$$

On peut rendre ce raisonnement très rigoureux en décomposant le potentiel vecteur produit par le circuit en ses différentes composantes correspondant à chaque fil et en intégrant le long des fils de ce circuit.

On peut retrouver ce résultat par une autre méthode : l'énergie magnétique développée par le combiné est $\frac{1}{2}$ L I^2, L étant la self-induction du combiné ; dans le calcul de cette énergie, nous pouvons considérer chacun des fils du circuit d'aller comme associé à l'un des fils du circuit de retour ; ce qui donne les deux circuits que nous avons déjà considérés. Or, l'énergie magnétique de deux circuits des coefficients de self-induction L_1 et L_2, d'induction mutuelle M_1 est :

$$W = \frac{1}{2} (L\, i^2_1 \pm 2\, M_1\, i_1\, i_2 + L_2\, i^2_2)$$

Or ici $L_1 = L_2$, $i_1 = i_2 = \frac{I}{2}$, et on doit prendre le signe — car les deux circuits ont leurs faces de noms contraires en regard ce qui donne :

$$W = (L_1 - M_1) \frac{I^2}{4}$$

et comme :

$$W = \frac{1}{2} L\, I^2$$

on déduit :

$$L = \frac{L_1 - M_1}{2}$$

Si les quatre fils étaient au sommet d'un rectangle ou d'un carré, mais avec armement en plan au lieu d'armement en diagonale, on trouverait :

$$L = \frac{L_1 + M_1}{2}$$

L_1 étant la self de l'un des circuits A B et A′ B′ et M_1 (fig. 11), leur coefficient d'induction mutuelle.

Remarques sur les coefficients R et S. — La résistance de

boucle d'un circuit combiné est la moitié de celle d'un des circuits simples qui le constituent; elle est égale par conséquent à la résistance d'un seul fil.

La perditance vaut quatre fois celle d'un circuit simple; il y a en effet une perte entre le fil A et chacun des fils B et B′, de même une perte entre A′ et chacun des fils B et B′, soit au total quatre pertes en parallèle.

Fig. 11.

Fig. 12.

Les équations de la propagation. — Nous connaissons maintenant les quatre coefficients R.S.C.L.; les équations de la propagation s'écrivent :

$$\begin{cases} -\dfrac{\partial V}{\partial x} = R I + L \dfrac{\partial I}{\partial t} \\ -\dfrac{\partial I}{\partial x} = S V + C \dfrac{\partial V}{\partial t} \end{cases}$$

Nous pouvons donc en déduire l'affaiblissement et l'impédance caractéristique du circuit par les formules habituelles.

Il n'est pas inutile de souligner que ces équations s'appliqueront aussi rigoureusement que dans le cas des circuits ordinaires, les valeurs de L et de C étant calculées avec les mêmes approximations que la capacité et la self des circuits bifilaires.

Applications. — Il est intéressant de comparer les circuits combinés aux circuits simples au point de vue de la transmission. C'est une opinion souvent émise à l'étranger que les circuits combinés sont supérieurs aux circuits simples au point de vue de la transmission. On lit en particulier dans la revue « Telephony » du 6 mai 1922 que, pour des circuits construits en fil n° 12 N. B. S. de 2,64 mm. de diamètre, une longueur de 85 milles du

circuit combinant équivaut à 100 milles du circuit combiné, sans tenir compte des pertes terminales dues aux appareils [1]. Il est intéressant d'examiner si ces propriétés qui sont vraies si on mesure les longueurs en km. au lieu de milles, se retrouvent avec le montage des fils en carré employés en France.

Si l'on fait le calcul pour des circuits en fils de 3 mm., avec armement à 0 m. 30, (fig. 12) on trouve que l'affaiblissement kilométrique *s* du circuit combiné est pour les diverses valeurs de la perditance :

S	*s*
0	$4,12 \times 10^{-3}$
1×10^{-6}	$4,28 \times 10^{-3}$
2×10^{-6}	$4,42 \times 10^{-3}$
4×10^{-6}	$4,75 \times 10^{-3}$
10×10^{-6}	$5,63 \times 10^{-3}$

Or le circuit simple a un affaiblissement de $3,87 \times 10^{-3}$ [2]. pour une perditance de 1×10^{-6}, correspondant à celle de 4×10^{-6} du combiné, il transmet donc mieux que lui.

Ce résultat est dû à l'emploi de l'armement en diagonale. Aux Etats-Unis, les circuits simples sont placés en plan sur les traverses et l'on combine soit deux circuits voisins, soit deux circuits placés au-dessous de l'autre; de là provient la différence signalée.

Si les circuits avec l'armement français étaient placés en plan au lieu d'être placés en diagonale à 0 m. 30 (fig. 13) avec des fils de même conductibilité dans les deux cas, pour les circuits simples, l'affaiblissement serait plus grand dans ce deuxième montage que dans le montage réglementaire : la self serait plus faible, la capacité plus grande puisque les fils seraient plus rapprochés

Pour les circuits combinés l'affaiblissement est au contraire plus faible dans le montage en plan que dans le montage en diagonale : la self est plus grande parce que au lieu de $\frac{L_1 - M_1}{2}$.

(1) La théorie précédente vérifie cette conclusion si on l'applique à deux circuits placés l'un au-dessous de l'autre formant un rectangle de côté 0m30 et 0,50, la distance des deux fils du même circuit étant de 0m30.

(2) *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*, septembre 1916.

elle vaut $\frac{L_1 + M_1}{2}$, L_1 et M_1 étant les mêmes (L_1 est la self du circuit A B′, M_1 le coefficient d'induction mutuelle des deux circuits A B′ et B A′), la capacité est plus faible parce qu'elle vaut $\frac{1}{2 L \, d\frac{\sqrt{2}}{\rho}}$ au lieu de $\frac{1}{2 \, l \, \frac{d}{\rho \sqrt{2}}}$. On trouve effectivement, dans le cas limite où la perte est nulle, que, avec le montage en plan l'affaiblissement d'un circuit simple en fil de 3 mm. est de $4,85 \times 10^{-3}$ et que celui du combiné est de $3,5 \times 10^{-3}$; l'affaiblissement du combiné n'est que les 0,72 du circuit simple; pour une perditance de 4×10^{-6} le combiné aurait un affaiblissement de $4,08 \times 10^{-3}$.

Fig. 13.

Il est intéressant de comparer la transmission sur un combiné avec montage en plan à celle d'un circuit simple avec montage en diagonale armés l'un et l'autre à 0 m. 30, le combiné en fil de 3 mm. avec montage en plan a pour une perditance de 4×10^{-6} un affaiblissement de $4,08 \times 10^{-6}$, un circuit simple en fil de 3 mm. construit en diagonale a un affaiblissement de $3,87 \times 10^{-3}$ pour une perte de 10^{-6} correspondant à celle de 4×10^{-6} du combiné ; il en résulte qu'un tel circuit simple transmet mieux qu'un combiné du second montage.

Ainsi l'armement en diagonale, plus avantageux que l'armement en plan pour l'anti-induction des circuits est également plus avantageux pour la transmission, puisqu'il donne deux circuits simples d'affaiblissement plus faible que le combiné du montage en plan.

LA CONSTRUCTION MÉTALLIQUE
ET LA CONSTRUCTION EN BÉTON ARMÉ
POUR LES GRAND BATIMENTS DE L'ADMINISTRATION DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES

par M. GUADET,
Architecte en Chef du Gouvernement,
Professeur à l'École supérieure des Postes et Télégraphes.

La Chambre syndicale des Entrepreneurs de constructions métalliques de France a exposé à l'Administration des Postes et Télégraphes les raisons qui devraient, selon ces constructeurs, faire admettre à chaque concours d'adjudication de bâtiment des projets de construction métallique concurremment avec des projets de béton armé. M. Guadet, architecte de l'Administration des Postes et Télégraphes, chargé de l'examen de cette lettre, a fait une intéressante comparaison entre la construction métallique et la construction en béton armé et, tout en reconnaissant que chacun de ces deux modes de construction a des qualités qui peuvent les faire préférer l'un à l'autre dans des cas d'espèce, il conclut que dans la plupart des cas le béton armé s'imposera dans les constructions de l'Administration. Ci-après le texte de la lettre de la Chambre syndicale des Entrepreneurs de construction métallique ainsi que celui de la note de M. Guadet.

La Chambre syndicale des Entrepreneurs de Constructions métalliques de France à l'Administration des Postes et Télégraphes (1).

Vous avez bien voulu nous faire connaître qu'après examen des conditions à remplir par le Bureau central téléphonique projeté à Nantes, votre Administration avait choisi le béton armé comme pré-

(1) 13 avril 1922.

férable à tout autre mode de construction pour des raisons d'économie, de rapidité d'exécution et surtout de sécurité.

Il a semblé à notre Chambre syndicale qu'elle ne pouvait laisser s'accréditer une semblable opinion sans lui opposer les objections qu'elle soulève et que nous avons l'honneur de vous exposer ci-dessous :

1° *Raisons d'économie.* — La construction en béton armé n'est pas toujours plus économique que la construction métallique. Les entrepreneurs de constructions métalliques ont pu souvent établir des prix inférieurs à ceux que demandaient les entrepreneurs de constructions en béton armé. Une adjudication a précisément pour but de déterminer la solution la plus économique et il n'est pas possible d'en écarter a priori une comme plus coûteuse; l'élimination pour raison de prix trop élevé doit résulter d'un concours où sont admises toutes les solutions.

2° *Raisons de rapidité d'exécution.* — Jusqu'à présent il était universellement reconnu que la construction métallique assurait une plus grande rapidité d'exécution que la construction en béton armé. Nous citerons en particulier, parmi les principales raisons de cet avantage de la construction métallique, la possibilité d'usiner les charpentes en atelier sans attendre l'achèvement complet des terrassements et des fondations; nous citerons également la facilité du montage, etc... Rien, à notre connaissance, ne peut justifier un changement d'opinion à cet égard.

Les constructions en béton armé nécessitent au contraire de très importants échafaudages et coffrages présentant en cours d'exécution des risques non négligeables de destruction par l'incendie ou les intempéries, comme l'a montré encore tout récemment l'accident survenu au pont en construction sur la Seine à Saint-Pierre-du-Vauvray.

3° *Raisons de sécurité.* — Nous avons pu nous procurer des renseignements précis sur les effets du feu dans les incendies des magasins du « Bon Marché » et du « Printemps ». Dans les deux cas, on a constaté que la construction métallique s'était beaucoup mieux comportée qu'on ne l'a prétendu.

Si les Magasins du « Bon Marché » n'avaient pas cru devoir refaire complètement le bâtiment sinistré, on aurait pu certainement en réutiliser une très grande partie.

Quant aux Magasins du « Printemps », il a été facile de constater que :

1° Une dizaine de points d'appui métalliques, seulement, sur un total de cent dix environ que comportait la construction, ont souffert, et presque tous dans les sous-sols;

2° D'une manière générale, les parties métalliques horizontales formant plancher, même des poutres ayant des éléments apparents, sont restées intactes ;

3° Sans la défaillance de quelques poteaux en sous-sol, les dégâts dans la construction même auraient été réduits à fort peu de chose, malgré la violence d'un incendie qui a complètement détruit toutes les marchandises accumulées dans le bâtiment. Pour éviter toute détérioration des poteaux, il aurait suffi qu'ils fussent, en particulier, dans les sous-sols, enrobés soit de briques, soit de terres cuites, soit même de quelques centimètres de plâtre, comme il est de pratique courante aux États-Unis.

Les quelques parties en béton armé qui existaient dans le bâtiment incendié n'ont pas, pour la plupart, été atteintes par le feu ; seuls quelques hourdis en ciment armé se sont trouvés dans l'incendie et ils en ont souffert au point qu'ils tombaient ensuite en poussière ; quelques poutres secondaires, également en ciment armé, ont été tellement détériorées par le feu qu'on a pu les démolir ensuite à simples coups de pioche.

D'autre part, des expériences ont montré que le ciment armé fabriqué avec des cailloux siliceux résistait mal au feu : les silex éclatent sous l'action de la chaleur et désagrègent la masse jusqu'à mettre le métal à nu. Du gravier calcaire donnerait un béton moins solide et risquerait de se calcifier à la chaleur.

Un incendie survenu à Londres pendant la guerre à la suite de l'explosion d'une bombe d'avion, a montré que le béton armé était bien loin d'offrir autant de sécurité contre le feu qu'on le prétend couramment.

Il est d'ailleurs à remarquer qu'à la suite d'études et d'expériences faites en Amérique et en Allemagne, on a officiellement reconnu que parmi les constructions présentant le plus de garantie contre les risques d'incendie sont les charpentes métalliques avec éléments enrobés.

Un récent sinistre, l'incendie de l'immeuble « Burlengton » à Chicago dans la nuit du 14 au 15 mars 1922, a permis de confirmer une fois de plus ces conclusions. L'intérieur du bâtiment fut entièrement détruit par l'incendie et la température atteinte fut suffisante pour faire fondre les vitres en verre armé, néanmoins « les dommages causés à l'ossature du bâtiment furent minimes pour ne pas dire nuls, les revêtements en béton et en briques couvrant la charpente en acier protégèrent parfaitement les colonnes, entretoises et poutrelles » (l'Engineering News Record du 23 mars 1922). Dans cet exemple la réfection des revêtements pourra se faire sans difficultés, la charpente métallique étant stable par elle-même, tandis qu'une ossature en béton armé aurait dû être entièrement démolie puis reconstruite.

Nous ajouterons enfin, comme les sinistres récents l'ont montré, qu'une bonne partie des éléments métalliques constituant les bâtiments incendiés étaient susceptibles d'être réutilisés ; le béton armé n'offre à aucun degré le même avantage.

Tels sont les arguments que nous avons cru devoir vous présenter pour répondre aux raisons invoquées, dans vos lettres du 25 janvier dernier adressées respectivement au Syndicat patronal des Constructions métalliques de l'Ouest, et à notre Chambre syndicale. Nous espérons que vous voudrez bien en reconnaître la valeur et admettre dorénavant aux adjudications ouvertes par votre Administration la construction métallique aussi bien que la construction en béton armé.

Observations de M. Guadet, Architecte en chef du Gouvernement, relatives à la comparaison de l'emploi du béton armé et de la charpente en fer dans les constructions de l'Administration.

Observations générales. — Une observation préliminaire doit tout d'abord être faite.

Les bâtiments de l'Administration, qu'il s'agisse de bureaux centraux téléphoniques, d'hôtels des postes, etc... sont, sans aucune exception, des bâtiments complexes qui nécessitent de la part de l'architecte chargé des travaux une étude détaillée et complète avant que son projet ne soit d'abord soumis à l'approbation ministérielle, puis que l'adjudication en puisse être faite.

Or il n'est pas possible à un architecte de faire l'étude détaillée d'un bâtiment sans avoir décidé au préalable quel système de construction sera adopté : maçonnerie, béton armé, charpente en fer.

La situation n'est pas du tout la même lorsqu'il s'agit d'un bâtiment purement industriel ; en effet, la plupart du temps, il ne s'agit que d'exécuter une sorte d'abri des machines et des lieux où l'on travaille, cet abri étant seulement assujetti à des conditions de stabilité, d'étanchéité et d'éclairement.

On comprend facilement que, dans ce cas des bâtiments industriels, il est possible de faire un concours où seront comparés les divers procédés de construction possibles.

Il n'en est évidemment pas de même pour le premier cas et

il appartient à l'architecte de conseiller à l'Administration de prendre une décision préalable, comme il est indispensable que l'Administration prenne cette décision.

Raison d'économie. — La Chambre syndicale des constructions métalliques indique que la construction en béton armé n'est pas toujours plus économique que la construction métallique.

C'est exact; mais dans les bâtiments destinés à l'Administration, il est rare que la construction métallique soit plus avantageuse.

En effet, il ne s'agit pas seulement de tenir compte du prix de revient proprement dit de l'ossature du bâtiment. Il faut encore considérer les frais accessoires qu'entraîne chacune des deux sortes de construction et cela aussi bien au moment de l'édification que pour les travaux d'entretien ultérieur.

Très souvent il y a dans les bâtiments de l'Administration des pièces très larges pour lesquelles il est plus économique d'employer le béton armé plutôt que la charpente de fer.

Très souvent aussi l'ossature du bâtiment est appelée à rester apparente. Si elle est en fer, il est nécessaire de la peindre et il en résulte des sujétions d'entretien considérables. On ne peut donc établir a priori que la construction métallique est plus économique que celle en béton armé; mais, comme on le verra plus loin, la construction en béton armé présente en général de grands avantages et il est normal que l'Administration porte son choix sur ce système de construction.

Rapidité d'exécution. — Dans des bâtiments du genre de ceux qui sont nécessaires à l'Administration, on peut établir que la construction en béton armé ne demande pas beaucoup plus de temps que celle en fer.

Néanmoins, à ce point de vue particulier il est certain que la charpente métallique peut être exécutée, en général, plus rapidement que les travaux en béton armé, du moins jusqu'à ce que l'emploi des ciments extra-alumineux se généralise et permette le décoffrage deux jours après la mise en œuvre.

Il est indéniable que les échafaudages et coffrages nécessaires à l'exécution du béton armé sont un risque d'incendie, mais c'est là une question de surveillance de chantiers et, en fait, il est extrêmement rare qu'un pareil accident se produise.

L'accident signalé dans la note de la Chambre syndicale au pont de Saint-Pierre-du-Vauvray a été d'une nature toute particulière, étant donné que le système de construction qui a été employé n'était pas le béton armé proprement dit, mais un assemblage d'éléments de béton armé exécutés d'avance ; c'est un procédé de construction tout à fait analogue à celui de la charpente en fer. Si ce pont avec sa forme en arc avait été exécuté en charpente métallique, il eût nécessité des échafaudages presque identiques à ceux qui ont été détruits par l'ouragan et le même accident se serait produit. Il est possible que si les travaux avaient été exécutés en véritable ciment armé la liaison réalisée par ce mode de construction eût peut-être empêché l'accident.

Sécurité contre l'incendie. — Il est exact que lors de très violents incendies tels que ceux du Bon Marché et du Printemps, tels que ceux qui peuvent se produire dans un théâtre, des éléments de béton armé de faible section résistent mal à l'action extrêmement violente du feu.

Il n'en est pas de même du tout dans les incendies de moindre importance où la température ne dépasse pas 600 ou 800°. Dans ce cas les éléments métalliques non protégés constituent un grand danger aussi bien par leur dilatation que par leur affaiblissement de résistance.

On est dès lors amené à revêtir ces éléments métalliques avec du plâtre pour les protéger contre l'action directe du feu.

Nous verrons plus loin l'inconvénient très sérieux du voisinage du plâtre et du fer.

Je n'ai pas besoin de souligner que les bâtiments postaux, quels qu'ils soient, ne présentent aucun danger d'incendie à haute température.

Inconvénient du fer. — L'emploi de la charpente métallique présente les inconvénients suivants, qui sont bien connus de tous les techniciens.

Lorsque le métal est apparent, il est nécessaire de le peindre et, comme la loi interdit l'emploi de la céruse et des couleurs plombifères, il est impossible de réaliser une protection efficace du métal contre la rouille.

Il existe bien en Belgique un procédé de galvanisation des charpentes métalliques mises en place. Mais ce procédé est onéreux, et il présente l'inconvénient de toute galvanisation.

On sait, en effet, que la galvanisation est une excellente protection du métal tant qu'elle reste sans aucune solution de continuité même capillaire. Au contraire, dès qu'un point même très minime est détruit, il se produit un effet d'électrolyse si une goutte d'eau vient en contact avec ce point. On sait que cette électrolyse se fait dans le sens de la destruction du fer et non pas dans le sens de la destruction du zinc. Il s'ensuit que toute blessure de la galvanisation est l'occasion d'une sorte de chancre qui ronge le fer de plus en plus.

Quant aux peintures à l'huile, les seules pouvant donner satisfaction sont celles qui emploient les couleurs à base de plomb ou à base d'antimoine en raison de ce que ce sont les seules dans lesquelles il se produise une combinaison chimique ou colloïdale donnant une membrane élastique protectrice.

Or les couleurs à l'antimoine ne peuvent être employées dans le bâtiment en raison de leur grande rareté et de leur prix élevé. Quant à celles à base de plomb, l'emploi en est interdit par la loi.

On peut donc conclure de ce qui précède qu'il n'est pas possible de protéger efficacement contre la rouille des éléments apparents de charpente métallique. Il résulte de cela qu'une charpente métallique apparente entraîne des frais d'entretien considérables.

Stabilité des constructions. — Une différence essentielle entre la charpente métallique et le béton armé existe dans le mode de calcul de chacun de ces procédés de construction, et

cette différence se répercute dans les conceptions architectoniques.

Dans ce qui va suivre, je ne parlerai que des questions de bâtiment et non pas des ouvrages d'art, pour lesquels il y aurait lieu de modifier sensiblement le sens des observations qui vont être faites.

Dans la charpente métallique, les calculs se font toujours en considérant des systèmes articulés. Ces systèmes sont ou bien déformables comme dans un plancher ou un pan de fer, ou rendus indéformables par triangulation comme dans une ferme de combles ou dans une grande poutre à treillis.

Dans les deux cas, le calcul est fait sans tenir compte d'un encastrement aux nœuds d'articulation et, en pratique, on cherche à réaliser autant que possible la liberté de mouvement élastique de la charpente en ces points.

Il est extrêmement rare, en dehors du cas de poutres continues posant sur plusieurs appuis, que l'on ait à tenir compte du moment d'encastrement dans la charpente métallique.

Au contraire, dans le béton armé il est de règle dans le calcul de tenir compte de l'encastrement et un architecte avisé étudiera son projet de manière à permettre de tenir compte d'un encastrement total et non partiel. Cet encastrement partiel, en effet, est seul réalisable avec des poutres droites et des poteaux de section carrée.

Ce mode de calcul du béton armé permet d'arriver à des moments de flexion beaucoup plus faibles pour le même ouvrage résistant aux mêmes efforts ; il permet par conséquent des encombrements beaucoup moins grands.

Le béton armé, par suite également des encastrements qu'il est possible d'y prévoir, assure à la construction une très grande rigidité. On a souvent cité l'exemple, à Tunis, de docks de plusieurs étages superposés et construits sur la vase près du port. Par suite d'affouillements dans le sol, ce bâtiment s'est incliné en s'enfonçant de trois à quatre mètres d'un côté. Il a suffi d'affouiller le sol de l'autre côté pour que le bâtiment soit remis d'aplomb après avoir perdu un étage, qui s'était trouvé enterré. Aucun désordre important ne s'est produit.

Cette rigidité du béton armé est toujours très précieuse et l'importance en est capitale dès que l'on se trouve devoir construire à un emplacement où le sol n'offre pas de résistance ou bien présente des différences de résistance importantes d'un point à un autre.

Action du plâtre sur le fer. — On sait que le plâtre est un sulfate de chaux anhydre et que lors de son emploi on l'hydrate de nouveau de manière à reconstituer une matière dure presque identique au gypse qui a servi à fabriquer le plâtre.

Ce n'est pas ici le lieu d'exposer en détails le phénomène de la prise des liants hydrauliques ; il suffit de retenir que le plâtre est un sulfate, et qu'il attaque violemment le fer dès qu'une trace d'humidité permet son action chimique de se produire. L'emploi de la charpente métallique exclut donc l'emploi du plâtre pour les hourdis de plancher et pour les revêtements des fers. En effet si, lorsqu'on pouvait passer au minium de plomb les fers avant de les mettre en contact avec le plâtre, on pouvait les protéger d'une manière relativement efficace contre son action destructive, il n'en n'est plus de même maintenant que les couleurs plombifères sont interdites.

Le béton armé est exécuté entièrement en ciment Portland dont la composition chimique est complexe et peu connue dans son détail. Mais les éléments chimiques qui le constituent sont les suivants :

Silice........................	22	à	23
Alumine.....................	6	à	7
Peroxyde de fer..............	2	à	3
Chaux........................	57	à	66
Sels divers (Magnésie, etc.).....	3	à	1

On commence à employer les ciments extra-alumineux dont la composition chimique est la suivante :

Silice........................	10	à	12
Alumine.....................	40	à	45
Chaux........................	35	à	40
Oxyde de fer.................	15	à	20

Il ne s'agit pas de l'emploi de ciments prompts, dans lesquels une quantité notable de sulfate de chaux existe et qui présenteraient les mêmes inconvénients que le plâtre.

Or les sels alumino-siliceux qui existent dans les ciments, au lieu d'attaquer le fer par oxydation, jouissent de la propriété de réduire le sesquioxyde de fer en se combinant avec lui et en formant un silico-aluminate ferreux qui a une grande résistance et une grande cohésion.

Par conséquent, le ciment, bien loin d'attaquer le fer comme le fait le plâtre, est une des meilleures matières protectrices qui existent pour ce métal.

Conclusions. — De tout ce qui précède on peut conclure que :

1° Il est indispensable de décider d'avance quel mode de construction sera employé ;

2° Le béton armé est souvent au moins aussi économique que la charpente en fer ;

3° Si l'exécution de la charpente en fer est souvent plus rapide que celle du béton armé, il n'en n'est pas toujours ainsi et, en tout cas, la différence ne peut être supérieure à un mois ;

4° Le béton armé offre des garanties de sécurité supérieures à la charpente métallique ;

5° Le béton armé a l'avantage capital de donner une construction beaucoup plus solidaire et rigide que la charpente en fer. Le béton armé permet des encombrements moins grands pour l'ossature ;

6° La charpente en fer occasionne des travaux d'entretien considérables après l'exécution du bâtiment et elle interdit l'emploi du plâtre en contact avec le fer.

En résumé on peut dire que, dans la plupart des cas, le béton armé s'imposera pour les constructions de l'Administration, mais que celle-ci devra toujours prendre une décision pour chaque cas sur la proposition de l'architecte chargé des travaux ; cette décision de principe est forcément antérieure à toute adjudication des travaux.

MÉTHODE RATIONNELLE D'EXPLOITATION DES TABLEAUX COMMUTATEURS TÉLÉGRAPHIQUES

Par M. LENAIN,
Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

L'auteur expose dans cet article une nouvelle méthode d'exploitation des tableaux commutateurs télégraphiques, installés dans les bureaux français et des relais qui leur sont associés en vue de l'établissement des communications directes.

La méthode consiste à faire desservir les tableaux par 2 unités au lieu d'une seule, en divisant nettement le travail entre chacune d'elles.

Après avoir montré l'intérêt qu'il y aurait à élargir le cadre de la réglementation actuelle des communications directes, il analyse les avantages de la méthode préconisée : celle-ci permet de n'omettre aucune translation, elle réalise un gain d'effectif : elle accroît la rapidité d'acheminement et réduit le nombre des erreurs, pour les télégrammes auxquels elle s'applique.

Il indique enfin les résultats obtenus par l'application de ce procédé dans le centre de dépôt départemental d'Angers.

Dans la presque totalité des centres de dépôt télégraphiques principaux ou secondaires, existent des tableaux commutateurs pour lignes simples et pour lignes bifurquées, de divers modèles, et de capacité en rapport avec les lignes à y raccorder.

En outre, un ou plusieurs relais leur sont généralement associés.

Dans beaucoup de bureaux, les tableaux sont desservis par une unité qui participe en outre aux transmissions et établit les communications directes données par les relais.

Le but que l'Administration se proposait par l'emploi des tableaux commutateurs télégraphiques et qu'elle a d'ailleurs atteint était une économie de matériel.

Ils permettent, en effet, de limiter au minimum le nombre des appareils, lequel peut être notablement inférieur à celui des lignes.

L'utilisation des relais était destinée à remplacer dans les bureaux où des appareils de ce genre existent une réception et une retransmission, par une seule translation, dont l'établissement, la surveillance et la rupture constituent une opération plus simple et beaucoup plus rapide.

En outre, la communication directe accroît très notablement la rapidité d'acheminement du télégramme qui en est l'objet par suite de la suppression du transit; elle diminue aussi les chances d'erreurs.

Bien que ces avantages soient connus, il est à remarquer que les relais des tableaux télégraphiques ne sont cependant pas utilisés par les bureaux d'une manière générale. Leur rendement est souvent négligeable ou très inférieur à ce qu'il pourrait être.

Cette situation subsiste, bien que l'attention des services ait été appelée spécialement sur ce point.

A l'heure actuelle, les relais installés dans les centres de dépôt secondaires ont seuls un rendement satisfaisant; celui des mêmes appareils dans les centres de dépôt départementaux est, au contraire, très faible d'une manière générale.

Le but que l'Administration se proposait d'atteindre ne l'a donc été que partiellement et l'objet de la présente note est d'en rechercher la cause et d'exposer en outre une solution mise à l'essai dans un centre de dépôt départemental, à Angers, et qui est susceptible de donner le résultat cherché.

Il convient, d'ailleurs, de ne voir dans ce qui va suivre qu'une étude destinée, exclusivement, à permettre sans engager de dépenses nouvelles en matériel ou personnel, d'utiliser dans les meilleures conditions possibles un matériel existant, lequel fera place dans l'avenir, vraisemblablement, à un outillage plus perfectionné.

Quand on analyse les causes de l'utilisation restreinte et insuffisante des relais, on est frappé tout d'abord par les appréciations divergentes de ceux qui sont chargés de les exploiter.

Celui qui tenterait de fonder son jugement sur ces avis, obtiendrait donc un résultat négatif.

Alors que dans les centres départementaux, il y a souvent de la prévention à leur sujet, dans les centres secondaires, au contraire,

on en est très satisfait, dans de nombreux cas, et l'on se rend bien compte du parti qu'on peut en retirer.

Il est raisonnable de penser que l'état d'esprit défavorable dans les bureaux centres départementaux a dû prendre naissance avec des difficultés spéciales à ces derniers bureaux et qu'ils ont tenté d'atteindre le but qui leur était assigné sans toujours y parvenir.

Une observation attentive du travail qui incombe à l'agent chargé de desservir les tableaux télégraphiques dans les centres de dépôt départementaux permet de faire remonter l'extension insuffisante donnée par ceux-ci aux communications directes à la cause principale suivante :

C'est le mode actuel d'exploitation des tableaux télégraphiques qui s'oppose dans un bureau important à ce que l'on puisse tirer un parti satisfaisant des relais de translation.

En outre, la réglementation qui régit actuellement les communications directes n'est pas favorable à leur développement.

I. — Le mode d'exploitation doit être modifié.

Un bureau pourvu de relais a intérêt à établir le plus grand nombre possible de translations pour réduire son travail. Il doit donc faire en sorte de n'omettre aucune de celles qu'il pourrait donner.

Mais avec le mode d'exploitation actuel, cette condition est difficile, sinon impossible à remplir.

Quelles sont, en effet, les attributions de l'agent desservant les tableaux télégraphiques ?

Il est chargé de classer les télégrammes à transmettre dans l'ordre de dépôt ou de réception, de les grouper par appareils de transmission près desquels ils seront ensuite portés, de répartir les communications dans l'ordre d'appel des correspondants ou d'arrivée des télégrammes.

Or, dans la plupart des centres départementaux, il faut se représenter que l'activité des bureaux correspondants est tout à fait comparable pendant les heures chargées, à celle des abonnés reliés à un tableau téléphonique de même capacité. Il est fré-

quent de voir 5 à 10 volets d'annonciateurs actionnés, sans qu'il soit possible à l'agent, non seulement d'y donner suite, mais de donner attente aux bureaux appelant comme le règlement le prescrit cependant. En outre, aux heures d'activité, les réponses à ces appels ne sont pas faites dans l'ordre où les appels se sont produits, comme il serait désirable.

Dans ces conditions, on s'explique que l'agent des tableaux télégraphiques ne parvienne pas à donner autant de communications directes qu'il serait possible d'en réaliser à l'aide des relais dont il dispose, car cette opération, souvent rapide, exige parfois un temps appréciable lorsque des difficultés se produisent. En outre, il faut tenir compte que l'agent des tableaux effectue souvent des transmissions.

En un mot, la variété et le nombre des opérations qui incombent avec le mode actuel d'exploitation des tableaux, à l'agent qui en est chargé, expliquent le peu d'extension et souvent l'abandon total des translations dans les centres de dépôt départementaux ou autres de quelque importance.

Pour remédier à ce grave inconvénient il m'a semblé qu'il conviendrait de faire desservir les tableaux commutateurs télégraphiques par deux unités au lieu d'une seule et de diviser aussi nettement que possible le travail entre ces deux unités.

C'est l'application de cette idée qui a été mise à l'essai au centre de dépôt d'Angers dans les conditions suivantes :

Les deux agents desservant le tableau télégraphique sont placés devant celui-ci et les relais sont installés sur la table du tableau, aussi près que possible de celui qui est chargé de donner les communications directes.

Chacune de ces 2 unités dispose d'un Sounder ou d'un appareil Morse.

Leurs attributions sont ainsi réparties :

Service des relais. — L'un des employés, l'agent des relais, a pour rôle principal d'établir les translations, de les surveiller et de rompre les connexions établies, lorsqu'elles sont achevées.

Il fait, pour y parvenir, une sorte de « tri » de tous les appels qui se produisent, dans les conditions suivantes :

a) Dès qu'un volet d'annonciateur du tableau télégraphique tombe, il écoute l'indice du bureau appelé, à l'aide de l'appareil Sounder dont il dispose.

b) Si l'indice qu'il vient d'entendre est celui d'un bureau admis à l'échange des communications directes, il établit la translation avec le bureau demandé si celui-ci est libre.

c) Au contraire, lorsque le bureau demandé n'est pas libre, il bloque avec une fiche le jack de la ligne qui avait demandé cette communication, après avoir donné le signal « attente », conformément à l'article 591 T, indiquant ainsi au correspondant que son appel a bien été reçu mais qu'il ne peut lui être donné une suite immédiate.

Lorsque le poste demandé redevient libre, l'agent des relais opère le retrait de la fiche enfoncée dans le jack de la ligne du bureau demandeur et se reporte à son procès-verbal sur lequel il a eu le soin d'inscrire en regard des noms des bureaux qui sont à établir en translation, le numéro de la fiche utilisée pour le blocage.

d) Enfin si le poste appelant n'est pas admis à l'échange des communications directes ou s'il demande le centre de dépôt, l'agent des relais bloque le jack de la ligne, comme dans le cas du paragraphe précédent (*c*) mais il utilise, à cet effet, une fiche sans cordon d'une série différente ainsi qu'on le verra plus loin.

Après l'établissement de la translation ou le blocage du jack du bureau demandeur, l'agent répond à un autre appel, et ainsi de suite.

En un mot, cette unité fait le tri de tous les appels et s'occupe d'établir les translations. Elle participe enfin aux transmissions ; mais cette attribution n'est pas sa fonction principale. Elle intervient seulement pour utiliser les intervalles où il ne se produit pas d'appels. Le nombre des transmissions qu'elle sera ainsi amenée à effectuer pourra cependant être appréciable. Il dépendra de l'activité des bureaux reliés aux tableaux, laquelle sera nulle ou très faible, pendant certaines heures.

Le paragraphe (*a*) ne donne lieu à aucune remarque.

Le suivant (*b*) suppose implicitement que l'agent des relais

sait ou voit par la peinture ou le signe dont ils doivent être revêtus, quels sont les annonciateurs des postes admis à l'échange des communications directes. Il dispose d'ailleurs d'une liste tenue à jour de ses correspondants admis à l'échange des communications directes. Mais comme sa mémoire interviendra le plus souvent, cette unité doit être spécialisée.

Le blocage dont il est question au paragraphe (*c*) et (*d*) est fait dans les conditions qui sont indiquées ci-après.

Il n'intéresse que le jack et non la ligne, en ce sens que les appels originaires du ou des postes correspondants peuvent continuer à se produire sur un fil dont le jack vient d'être bloqué.

Matériellement, il est réalisé simplement à l'aide de 2 séries de fiches pleines écourtées, sans cordon, au nombre de 15 par série, mises à la disposition de l'agent des relais, et de deux couleurs différentes. L'une des séries de fiches, la série blanche par exemple, est utilisée pour les blocages correspondants au paragraphe (*c*) ; l'autre série de couleur rouge, pour ceux pratiqués dans le cas du paragraphe (*d*).

Le nombre de 15 fiches peut d'ailleurs varier d'un bureau à l'autre.

Elles sont numérotées d'une façon très apparente sur l'extrémité opposée à celle qui est enfoncée dans le jack.

Le blocage se fait dans l'ordre de réception des appels, et c'est pourquoi les fiches de blocage sont prises successivement dans l'ordre croissant de 1 à 15, de telle sorte que si les fiches 6, 4, 5 d'une série sont, à un moment donné, enfoncées dans les jacks on ait la certitude que la fiche 4 correspond à un appel plus ancien que celui de la fiche 5 et celle-ci à un appel antérieur à celui de la fiche 6 si, toutefois, les manœuvres ont bien été effectuées correctement.

L'agent des relais bloque tous les jacks dans les cas où ceux-ci doivent l'être, mais il n'opère le retrait que des fiches de la première série, correspondant aux demandes en instance pour communications directes.

L'enlèvement des fiches rouges qui correspondent à des appels intéressant le centre de dépôt lui-même rentre dans les attributions de l'agent des tableaux.

Enfin, l'agent des relais utilise quelques fiches d'une troisième couleur, noire par exemple, pour bloquer une ligne demandée, susceptible d'être reliée au poste demandeur par communication directe, mais qui ne répond pas immédiatement aux appels de l'agent des relais. Dès que le bureau ainsi appelé manifestera ultérieurement sa présence, la présence de la fiche noire rappellera à l'agent qu'il s'agit d'une translation en instance et qu'il ne doit pas donner « attente » à ce bureau ; ce qui permet d'éviter ainsi un rappel inutile, s'il envoyait ce signal par inadvertance.

Service des tableaux. — L'agent des tableaux conserve dans le nouveau mode d'exploitation les mêmes attributions que dans l'ancien système, avec cette seule différence qu'il n'a plus à répondre aux appels, mais à opérer simplement le retrait des fiches rouges dans l'ordre numérique croissant, qui correspond à celui dans lequel les demandes se sont produites.

Il n'a plus à se préoccuper des translations à établir.

Son travail se trouve ainsi allégé et il peut dès lors participer aux transmissions d'une manière plus ou moins étendue, suivant l'heure de la journée et l'intensité du trafic.

La nouvelle méthode d'exploitation des tableaux commutateurs consiste donc essentiellement à les faire desservir par 2 unités simultanément dont l'une, l'agent des relais, effectue un tri de tous les appels, à l'aide des deux séries de fiches dont elle dispose et donne suite à ceux qui sont susceptibles de faire l'objet d'une translation, objet principal de ses attributions et dont l'autre, l'agent des tableaux, est affectée à la répartition du travail entre les agents du centre de dépôt et à établir les communications demandées avec ce centre par les lignes du tableau.

Ces deux unités participent aux transmissions.

Il est évidemment nécessaire que tous les bureaux du département possèdent une liste des postes avec lesquels ils peuvent être établis en communication directe, en tenant compte des considérations exposées plus loin. Celle-ci constamment tenue à jour doit pouvoir être immédiatement consultée par l'agent au moment

où il va transmettre afin de pouvoir appeler le centre de dépôt en lui donnant l'indice du bureau auquel il doit déposer son télégramme.

II. — La réglementation doit être modifiée.

Si l'on remarque que le rendement horaire de l'agent des relais occupé à établir des communications directes correspond à la suppression de $12 \times 2 = 24$ transmissions, chiffre qui est voisin du rendement d'un agent aux appareils rapides, il y a avantage à augmenter le nombre de translations autorisées au lieu de les restreindre comme le fait la réglementation existante qui date de 1911 (voir B. M. nº 2 de 1911, page 31), en amendant celle-ci, dans le sens que je vais indiquer.

Ce règlement mentionne les 3 cas où il sera fait usage des relais dans l'intérieur du département, mais il n'indique pas qu'un bureau municipal relié à un bureau principal pourra être admis en communication directe avec un autre bureau principal de ce département alors qu'aucune raison ne s'y oppose. Il restreint aussi les communications directes interdépartementales aux seuls échanges entre bureaux principaux.

Or il n'y a plus de raison pour restreindre les communications directes si l'on prend soin de dédoubler le fil interdépartemental ou le fil départemental intéressé dans les exemples ci-dessus, chaque fois que cette mesure sera possible et justifiée par un trafic supérieur à 10 transmissions à l'heure.

Il semble, en un mot, qu'on peut admettre à l'avenir le principe suivant : un bureau quelconque dont le personnel est apte à un bon service au Morse pourra être établi en translation avec tous autres bureaux du département ou des autres départements qu'il peut atteindre par communication directe empruntant un seul relais, chaque fois que, la nature des installations s'y prêtant, le trafic sur l'une des lignes empruntées n'excédera pas 10 transmissions à l'heure ; dans le cas contraire, celle-ci devrait être dédoublée.

Ceci étant admis, les directions départementales pourront, avec

précision, faire établir la liste des postes que chaque bureau du département doit appeler par leur indice afin que le centre de dépôt les relie par communication directe avec leur correspondant.

De même la restriction qui consiste à supprimer les communications directes, trois quarts d'heure avant la clôture des bureaux municipaux ne s'impose plus avec la nouvelle organisation ainsi que l'expérience vient de le montrer, du moins d'une façon aussi rigoureuse.

Enfin, dans l'essai relaté ci-dessus, les translations qui empruntent deux relais, ont été très souvent utilisées avec succès et l'initiative de les donner pourrait être avantageusement laissée aux chefs de service au lieu d'en interdire l'emploi d'une manière péremptoire.

Il semble, en résumé, qu'au début on ait surtout redouté le ralentissement sur les fils par suite de l'utilisation des relais pour communications directes. Mais cette objection ne doit intervenir que dans les seuls cas où il n'est pas possible de dédoubler les fils sur lesquels le trafic justifie cette mesure.

La réglementation actuelle gagnerait donc à être remaniée dans le but d'en élargir le cadre.

Avantages de la nouvelle méthode. — Indépendamment de la suppression du transit par le centre de dépôt qui accroît la rapidité d'acheminement du télégramme tout en diminuant les causes d'erreurs, la nouvelle organisation, en exigeant seulement l'emploi de quelques fiches sans cordon peut se traduire par un gain d'effectif qu'il convient maintenant de chiffrer.

Il suffit pour cela d'évaluer le rendement journalier des agents qui, de l'ouverture à la clôture, assumeront la surveillance des relais comme principal rôle, et de le comparer à celui d'un bon agent manipulant.

Le rendement horaire moyen en nombre de transmissions établies par l'agent des relais peut être évalué à 12 communications directes, c'est-à-dire que toutes pertes de temps comprises, quand cet agent n'est occupé qu'à établir des translations, il en donne en moyenne 12 par heure.



Il supprime donc 24 transmissions par heure, c'est-à-dire que son rendement horaire est comparable à celui d'un agent travaillant à un appareil rapide.

Si le nombre de translations à établir est faible et moindre de 12 à l'heure, il peut participer aux transmissions ordinaires et cela sans avoir besoin de quitter sa place.

En supposant que de l'ouverture à la clôture, 60 communications directes ont été établies, elles ont exigé 5 unités-heures des 2 agents des relais.

Le rendement global journalier de ceux-ci s'établit donc de la façon suivante en nombre de transmissions supprimées ou effectuées en dehors des translations

(translation) $5^h \times 12 \times 2 =$ 120 transmissions supprimées
transmission $9^h \times 12 =$ 108 transmissions effectuées
Total........ 228 transmissions.

Or, le rendement d'un bon agent au tableau est, d'après le B. 16 de 1920, d'environ 12 transmissions à l'heure et pour la même durée de travail effectif de $12 \times 7 = 84$ transmissions.

Les deux agents des relais dans la nouvelle méthode d'exploitation ont donc un rendement équivalent à celui de

$$\frac{24}{228} = 2^u,7$$

autrement dit, le gain d'effectif est de $0^u,7$ pour un trafic de 60 translations.

Le tableau ci-après fait ressortir le gain d'effectif correspondant à des nombres croissants de translations établies dans une journée :

Nombre de translations à établir par jour.	Rendement journalier total des 2 unités des relais, participant en outre aux autres transmissions.	Gain d'effectif.
60	228	0.7
72	240	0.8
84	252	1.
96	264	1.1
108	276	1.3
120	288	1.4
168	336	2.

Il montre que le rendement des deux agents des relais permet de récupérer une unité lorsque le centre de dépôt établit par jour 84 translations, et une unité et demie pour un nombre de 120 communications directes.

Le gain est proportionnel au nombre de translations réalisées.

Le gain réel est même supérieur à ces chiffres, car l'agent des tableaux se trouve allégé d'une manière appréciable, ce qui lui permet d'effectuer plus de transmissions qu'à l'heure actuelle, augmentation qui doit être imputée à l'intervention de l'agent des relais.

Or, il n'est pas douteux qu'il y a actuellement plus de 50 centres de dépôt départementaux ou autres, dans lesquels le nombre de translations établies, à l'heure actuelle, est insignifiant. Il n'est donc pas téméraire d'évaluer à 50 unités, au minimum, le nombre d'unités qu'il serait possible de récupérer sur l'ensemble du territoire.

Résultats obtenus à Angers. — Les résultats obtenus par l'application de cette nouvelle organisation mise à l'essai à Angers, sont les suivantes :

Avant la mise à l'essai, en mars 1921, ce bureau n'établissait aucune communication directe ou un nombre insignifiant.

Trois mois après, la moyenne journalière des translations était de 40 environ. Elle a atteint successivement 60 et 94 communications directes par jour correspondant à un nombre double de transmissions supprimées.

Ce mode d'exploitation peut être adopté quel que soit le nombre de translations possibles, puisque l'agent des relais et celui des tableaux peuvent participer aux transmissions.

Ces résultats, mieux qu'un plus ample développement, montrent l'intérêt qui s'attache à l'adoption de cette nouvelle organisation partout où il est matériellement possible de placer 2 unités devant les tableaux télégraphiques.

Il convient enfin de remarquer que, seuls, les bureaux où une unité est jugée apte au point de vue de la manipulation, peuvent

être admis à l'échange des communications directes aux termes des instructions en vigueur.

Si les services tiennent la main à ce que les unités reconnues aptes soient seules admises à transmettre les télégrammes de cette nature, le nouveau mode d'exploitation ne se ressentira pas de la valeur très inégale des agents au point de vue de la manipulation dans les petits bureaux.

PUISSANCE NÉCESSAIRE
AU FONCTIONNEMENT DU SERVICE
DE LA
TÉLÉGRAPHIE PNEUMATIQUE

par M. ROCHAS,
Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

Le service pneumatique, qui fonctionne à Paris et dans quelques villes de province, utilise de l'air comprimé à la pression absolue de 136 centimètres de mercure (76 + 60) et de l'air raréfié à la pression absolue de 26 centimètres de mercure (76 — 50).



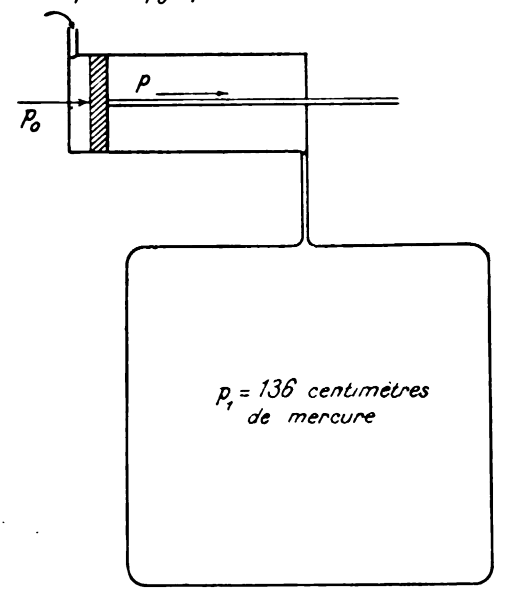


Fig 1.

Cet air comprimé ou raréfié est produit au moyen de pompes à air mues soit par des moteurs à vapeur ou à gaz pauvre (Paris), soit par des moteurs électriques (Lyon, Marseille, Alger).

Il est intéressant de pouvoir calculer la puissance théorique nécessaire pour obtenir par minute un nombre donné de mètres cubes d'air comprimé ou raréfié aux pressions absolues indiquées ci-dessus.

Pour fixer les idées, nous supposerons que les pompes à air doivent comprimer par minute 30 mètres cubes d'air pris à la pression atmosphérique et rejeter dans l'atmosphère, également par minute, 30 mètres cubes d'air aspiré à la pression absolue de 26 centimètres de mercure.

Ces conditions de fonctionnement sont précisément celles de plusieurs appareils en service à Paris.

Nous admettrons d'abord, dans ce qui va suivre, que la compression ou la raréfaction de l'air s'effectuent au régime adiabatique, c'est-à-dire sans aucun échange de chaleur entre la masse de gaz et les corps environnants. En raison de la mauvaise conductibilité calorifique de l'air, cette hypothèse doit se rapprocher sensiblement de la réalité.

Nous traiterons ensuite le même problème en supposant que les variations de volume de l'air suivent le régime isotherme.

Compression adiabatique. — Dans la première hypothèse, la loi qui relie le volume à la pression peut s'écrire :

$$p\,v^{\gamma} = \text{constante}$$

en désignant par p et v la pression et le volume de la masse d'air considérée et par γ le rapport $\frac{C}{c}$ des chaleurs spécifiques de l'air à pression constante et à volume constant. On sait que pour l'air, on a :

$$C = 0{,}23751 \qquad c = 0{,}1686,$$

et que, par suite, $\frac{C}{c} = 1{,}40.$

Appelons v^{0} le volume du cylindre qui produit l'air comprimé; nous pouvons supposer d'ailleurs, pour la commodité du calcul, que $v^{0} = 1$ mètre cube.

Au début de la course du piston, le cylindre renferme un volume d'air égal à v_0, à la pression atmosphérique p_0. Ce

volume diminuant progressivement, il arrive un moment où la pression de l'air comprimé atteint la valeur p_1 de la pression dans le réservoir auquel est relié le compresseur, réservoir dont nous supposerons la capacité très grande par rapport à celle du cylindre. A partir de ce moment, l'air comprimé pénètre dans ce réservoir et sa pression ne varie plus sensiblement.

Le travail nécessaire pour mouvoir le piston d'un bout à l'autre de sa course sera la différence entre le travail moteur dû à la pression p_0 qui s'exerce sur la face gauche du piston et le travail résistant dû à la pression p qui s'exerce sur la face droite du piston, et l'on aura, en appelant $\mathcal{T}$ la valeur absolue de ce travail :

$$(1) \qquad -\mathcal{T} = p_0 v_0 + \int_{p_0}^{p_1} p\,dv - p_1 v_1,$$

v_1 étant le volume de l'air comprimé dans le cylindre au moment où la pression atteint la valeur p_1.

Évaluons ce travail en kilogrammètres dans l'hypothèse $v^0 = 1^{mc}$, $p_0 = 76$ centimètres de mercure, $p_1 = 136$ centimètres de mercure. Pour cela, calculons en premier lieu l'intégrale qui figure dans le second membre de l'équation (1).

De la relation $p\,v^\gamma =$ constante, on tire par différenciation :

$$\gamma p\, v^{\gamma-1} dv + v^{\gamma} dp = 0$$

ou encore : (2) $\qquad \gamma p\, dv + v\, dp = 0.$

En portant la valeur de $p\,dv$ tirée de l'équation (2) dans l'intégrale $\int p\,dv$, on a :

$$\int p\,dv = -\frac{1}{\gamma}\int v\,dp,$$

et, en remplaçant v par sa valeur tirée de la relation

$$p\,v^\gamma = p_0\,v_0^\gamma,$$

$$\int p\,dv = -\frac{p_0 v_0^{+\frac{1}{\gamma}}}{\gamma}\int p^{-\frac{1}{\gamma}}\,dp.$$

La fonction primitive de l'expression $p^{-\frac{1}{\gamma}}$ est :

$$\frac{1}{1-\frac{1}{\gamma}}\, p^{1-\frac{1}{\gamma}}$$

$$\text{ou encore : } \frac{\gamma}{\gamma-1}\cdot p^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}.$$

La valeur de l'intégrale définie $\int_{p_0}^{p_1} p\, d v$ est donc finalement :

$$\int_{p_0}^{p_1} p\, dv = -\frac{p_0^{+\frac{1}{\gamma}}\, v_0}{\gamma}\left[\frac{\gamma}{\gamma-1}\, p_1^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - \frac{\gamma}{\gamma-1}\, p_0^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right],$$

$$\text{ou encore : } \frac{v_0\, p_0}{\gamma-1} - \frac{v_1\, p_1}{\gamma-1}$$

$$\text{en remarquant que } v_0\, p_0^{\frac{1}{\gamma}} = v_1\, p_1^{\frac{1}{\gamma}}.$$

En portant la valeur de l'intégrale définie dans l'expression de $\mathcal{T}$, on trouve donc :

$$-\mathcal{T} = p_0 v_0\left[1+\frac{1}{\gamma-1}\right] - p_1 v_1\left[1+\frac{1}{\gamma-1}\right] = \frac{\gamma}{\gamma-1}\left[p_0 v_0 - p_1 v_1\right].$$

Rappelons que la pression de 76 centimètres de mercure correspond à une pression de 10.332 kilogrammes par mètre carré. Par suite, si $v_0 = 1^{mc}$, on a : $p_0\, v_0 = 10332$ kilogrammètres.

D'autre part, la pression p_1 de 136 centimètres de mercure correspond à une pression de 18.488 kilogrammes par mètre carré. D'ailleurs, on a : $p_1\, v_1^{\gamma} = p_0\, v_0^{\gamma}$, d'où :

$$v_1^{\gamma} = \frac{p_0}{p_1}\, v_0^{\gamma},$$

$$\text{et : } v_1 = v_0\left(\frac{p_0}{p_1}\right)^{\frac{1}{\gamma}} = \left(\frac{76}{136}\right)^{\frac{1,4}{1}}$$

$$\text{d'où : } v_1 = 0{,}66,$$

et enfin : $p_1\, v_1 = 18.488 \times 0{,}66 = 12.202$ kilogrammètres.

On en déduit :

$$-\mathcal{T} = \frac{1,4}{0,4}\left[10332 - 12202\right] = -6.545 \text{ kgm.};$$

$$\text{d'où : } \mathcal{T} = 6.545 \text{ kilogrammètres.}$$

Si le compresseur débite 30 mètres cubes d'air par minute, soit $0^{mc},5$ par seconde, le travail correspondant par seconde, c'est-à-dire la puissance absorbée par le cylindre compresseur, sera de $\frac{6.545}{2} = 3.272$ kilogrammètres, ce qui correspond à une puissance théorique de $43^{chv}, 62$.

Raréfaction adiabatique. — Calculons de la même manière le travail absorbé par le cylindre raréfacteur dont le volume est également v_0.

Ce cylindre étant supposé plein d'air à la pression p_2 du réservoir d'air raréfié, l'équation du travail pour une course du piston sera :

$$(3) \quad -\mathcal{T} = p_2 v_0 + \int_{p_2}^{p_0} p\,dv - p_0 v_2,$$

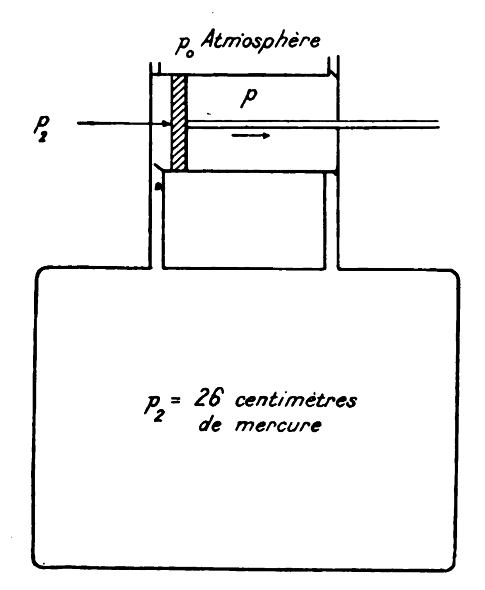


Fig. 2.

en appelant v_2 le volume de l'air comprimé dans le cylindre lorsque sa pression atteindra la pression atmosphérique p_0.

En effectuant le calcul comme ci-dessus, on trouve :

$$-\mathcal{T} = p_2\, v_0 + \frac{1}{\gamma - 1}\, p_2\, v_0 - p_0\, v_2 - \frac{1}{\gamma - 1}\, p_0\, v_2 =$$

$$= \frac{\gamma - 1}{\gamma}\left[p_2\, v_0 - p_0\, v_2 \right].$$

Or la pression absolue de 26 centimètres de mercure correspond à une pression de

$$\frac{26}{76} \times 10332 = 3.534 \text{ kilogrammes par mètre carré.}$$

On a donc : $v_0\, p_2 = 3.534$ kilogrammètres.

De l'équation $p_2\, v_0^\gamma = p_0\, v_2^\gamma$, on tire :

$$v_2 = \left(\frac{p_2}{p_0}\right)^{\frac{1}{\gamma}} = \left(\frac{26}{76}\right)^{\frac{1,4}{1}} = 0,4647;$$

$$\text{d'où : } p_0\, v_2 = 4.801 \text{ kilogrammètres,}$$

$$\text{et enfin : } -\mathcal{T} = \frac{1,4}{0,4}\left[3534 - 4801\right],$$

$$\mathcal{T} = 4.434 \text{ kilogrammètres.}$$

Pour un débit d'air à la pression de 26 égal à 30^{mc} par minute, soit 0^{mc},5 par seconde, la puissance théorique nécessaire sera donc de 2.217 kilogrammètres, soit 29^{chv},56.

En résumé, la puissance totale nécessaire pour produire par minute les 30 mètres cubes d'air raréfié et comprimé dans les conditions indiquées de vide et de pression est de :

43,62 + 29,56 = 73,18 chevaux-vapeur.

D'après des essais effectués dans plusieurs ateliers de Paris, le travail réellement nécessaire est plus élevé (100 chevaux environ à l'atelier de la rue Poliveau). La différence, soit 23 chevaux, est absorbée par les résistances passives. Le rendement mécanique du compresseur considéré est donc approximativement de 73 %.

Compression isotherme. — Examinons maintenant l'hypothèse de la compression isotherme. Le volume et la pression sont alors reliés par la loi de Mariotte :

$$p\,v = \text{constante}.$$

Le travail absorbé par la compression sera :

$$(4)\quad -\mathcal{T} = p_0\,v_0 + \int_{p_0}^{p_1} p\,d\,v - p_1\,v_1 = \int_{p_0}^{p_1} p\,d\,v,$$

les 2 termes $p_0 v_0$ et $p_1 v_1$ se détruisant mutuellement.

L'intégrale générale $\int p\;d\;v$ est, dans ce cas :

$$\int p\;dv = -\int v\;dp = -p_0\,v_0 \int \frac{d\,p}{p} = -p_0\,v_0\,\mathrm{L}\,p,$$

L étant le symbole des logarithmes népériens ou hyperboliques.

On a donc :

$$-\;\mathcal{T} = p_0\,v_0\,[\mathrm{L}\,p_1 - \mathrm{L}\,p_0],$$

$$\text{d'où :}\quad \mathcal{T} = 10.332\,[4{,}9126549 - 4{,}3307333] =$$
$$= 10.332 \times 0{,}582 = 6.013 \text{ kilogrammètres.}$$

Pour produire 30 mètres cubes d'air comprimé à la minute, soit 0 ^{mc}, 5 à la seconde, la puissance nécessaire sera donc de 3.006 kilogrammètres, soit 40 ^{chv}, 08.

Raréfaction isotherme. — On aura, de même, pour la raréfaction de l'air d'un réservoir où existe la pression de 26 centimètres de mercure :

$$(5)\quad -\mathcal{T} = p_2\,v_0 + \int_{p_2}^{p_0} p\,d\,v - p_0\,v_2 = -p_2\,v_0\left[\mathrm{L}p_0 - \mathrm{L}p_2\right].$$

$$\text{d'où :}\quad \mathcal{T} = 3.534\,[4{,}3307333 - 3{,}2580965] =$$
$$= 3.534 \times 1{,}0726 = 3.790 \text{ kilogrammètres.}$$

Pour raréfier 0 ^{mc}, 5 par seconde, la puissance absorbée sera de 1.895 kilogrammètres, soit 25 ^{chv}, 26.

Au total, dans l'hypothèse de la compression et de la raréfaction isothermes, la puissance nécessaire atteindra :

$$40{,}08 + 25{,}26 = 65{,}34 \text{ chevaux-vapeur.}$$

En rapprochant ce résultat de celui obtenu précédemment, on voit que la compression et la raréfaction adiabatiques absorbent

73,18 — 65,34 = 7,84 chevaux-vapeur de plus que la compression et la raréfaction isothermes.

Cette différence correspond à l'échauffement de l'air par suite de la compression, échauffement qu'il est pour ainsi dire impossible d'éviter.

On peut d'ailleurs se rendre compte aisément que la compression adiabatique nécessite une dépense de travail plus élevée que la compression isotherme. En effet, pour une même réduction du volume initial v_0, on a, dans le cas de la compression adiabatique :

$$p_0 v_0 = p v^{\gamma},$$

et, dans le cas de la compression isotherme :

$$p_0 v_0 = p' v.$$

En divisant ces deux équations membre à membre on trouve :

$$\frac{p'}{p} = \left(\frac{v_0}{v}\right)^{1-\gamma} = \left(\frac{v}{v_0}\right)^{\gamma-1},$$

$$\text{d'où : } p' < p.$$

Représentons la marche du phénomène par un diagramme. La surface couverte de hachures représente le travail supplémentaire absorbé par la compression adiabatique.

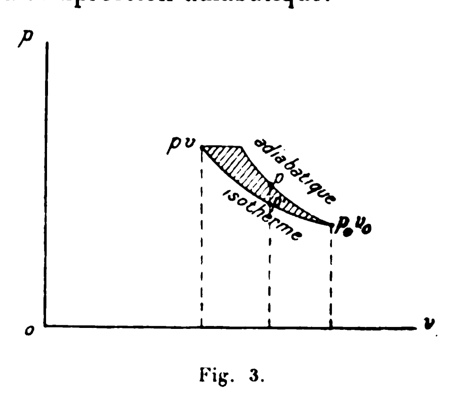


Fig. 3.

Dans le cas de la télégraphie pneumatique, la chaleur due à la compression de l'air dans les cylindres est entièrement perdue.

On peut noter que, dans le cas de la compression adiabatique,

le travail absorbé par la compression est environ les 60 °/₀ du travail total. Le travail absorbé par la raréfaction de l'air et les 40 °/₀ du travail total. Ces fractions sont aussi respectivement les 3/5 et les 2/5 du travail total.

Examen des diverses solutions possibles pour la production de l'air comprimé et raréfié. — Le fonctionnement des ateliers de force motrice du service pneumatique de Paris entraîne des dépenses élevées. On peut se demander s'il ne serait pas plus avantageux de produire l'air comprimé et raréfié nécessaire par d'autres procédés. Diverses solutions peuvent être envisagées, par exemple le remplacement des machines à vapeur par des moteurs électriques. Cette solution a été réalisée à Lyon et à Marseille. Elle présente cependant quelques inconvénients, notamment le suivant : les compresseurs à cylindres n'ont un bon rendement que s'ils marchent lentement. Or les moteurs électriques tournent à une vitesse considérable. Il faut donc réduire cette vitesse au moyen d'organes intermédiaires qui absorbent une partie notable du travail mécanique.

A Paris, l'emploi de compresseurs à cylindres à grande vitesse mus électriquement a été essayé. Il n'a pas donné de bons résultats. Cependant, on peut signaler qu'un compresseur à grande vitesse, mû par un moteur à gaz pauvre, fonctionne actuellement à l'atelier de la rue Forest.

On pourrait également utiliser de l'air comprimé acheté à la Cie Parisienne. Toutefois, comme l'air livré par cette Cie est à la pression absolue de 5 kilogrammes par centimètre carré, il n'est pas possible de l'employer directement. Il est nécessaire de le détendre au préalable. D'autre part, la simple détente ne fournit pas d'air raréfié.

Il serait pourtant possible, au moins théoriquement, d'obtenir à la fois de l'air comprimé à la pression absolue de 136 centimètres de mercure et de l'air raréfié à la pression absolue de 26 centimètres de mercure en partant de l'air compriné fourni par la Cie Parisienne. Les volumes d'air de chaque catégorie (c'est-à-dire comprimé à 136 mesuré, avant compression, à la

pression atmosphérique, et raréfié à 26 mesuré à cette pression) seraient sensiblement égaux.

La machine servant à opérer cette transformation pourrait être constituée de la manière suivante.

Un premier cylindre de volume V_0 recevrait de l'air à la pression de 5 kilogrammes. Cet air ne serait admis que pendant une fraction de la course du piston de manière qu'à fin de course sa pression soit de 136 centimètres de mercure. Il serait alors expulsé à la course suivante dans le réservoir d'air comprimé du réseau pneumatique.

Le travail produit par l'air comprimé à 5 kg avant et pendant la détente servirait à produire l'air raréfié. Pour cela, un deuxième cylindre de volume V_1 serait monté en tandem avec le premier cylindre. Il serait avantageux, en vue de réchauffer l'air refroidi par la détente dans le premier cylindre et de récupérer ainsi du travail, de ne pas expulser dans l'atmosphère l'air extrait du réservoir de vide. Il vaudrait mieux le comprimer jusqu'à la pression de 136 et l'envoyer également dans le réservoir d'air comprimé.

Nous allons chercher à évaluer quels devraient être théoriquement :

1° le coefficient K de détente de l'air comprimé à 5 kg pour qu'à la fin de la course du piston dans le cylindre V_0 la pression de l'air détendu soit de 136 centimètres de mercure,

2° le rapport des volumes des cylindres V_0 et V_1 qui doit être tel que le travail moteur soit égal au travail résistant,

3° les températures de l'air détendu et de l'air comprimé extrait du réservoir de vide, et la température finale du mélange,

4° enfin les volumes respectifs de l'air comprimé à 136 et de l'air raréfié à 26 obtenus au moyens de cette machine.

Le volume d'air comprimé à 5 kg admis dans le cylindre V_0 avant le commencement de la détente sera KV_0.

Cet air, au moment où commence la détente est à la pression de 5 kg, et, à la fin de la détente, à la pression de 136 centimètres de mercure, soit 1 kg, 8488. En supposant que la détente soit adiabatique, on aura la relation :

$$5 \times (KV_0)^\gamma = 1,8488 \times V_0^\gamma,$$

d'où l'on tire :

$$K = \left(\frac{1,8488}{5}\right)^{\frac{1}{\gamma}} = 0,491.$$

Le travail produit par l'air comprimé pendant une course du piston sera d'ailleurs, en kilogrammètres :

$$\mathcal{T} = 50.000 \times K \times V_0 + \int_{50.000}^{18488} p\, d\, v - 18488 \times V_0.$$

Comme on l'a vu plus haut, l'intégrale a pour valeur :

$$\frac{1}{\gamma - 1}\left[50.000 \times k\, v_0 - 18488\, v_0\right];$$

et, par suite, on a :

$$\mathcal{T} = \frac{\gamma}{\gamma - 1}\left[50.000\ K\, v_0 - 18\cdot 488\, V_0\right] =$$

$$= 21.217 \times V_0 \text{ kilogrammètres,}$$

V_0 étant exprimé en mètres cubes.

Le travail absorbé par la compression de l'air raréfié jusqu'à la pression 136 sera de même :

$$-\mathcal{T} = \frac{\gamma}{\gamma - 1}\left[3534 \times V_1 - 18488 \times V_2\right],$$

V_2 étant le volume de l'air au moment où sa pression atteint la valeur 136 centimètres de mercure. On aura V_2 par la relation :

$$26 \times V_1^{\gamma} = 136 \times V_2^{\gamma},$$

d'où : $$V_2 = \left(\frac{26}{136}\right)^{\frac{1}{\gamma}} \times V_1 = 0,306 \times V_1.$$

On a donc enfin :

$$-\mathcal{T} = \frac{\gamma}{\gamma - 1}\left[3534 - 5657\right] \times V_1 = 7430\ V_1.$$

Égalons maintenant le travail moteur et le travail résistant. Nous aurons l'équation :

$$21.217 \times V_0 = 7.430 \times V_1,$$

d'où : $$V_1 = \frac{21.217}{7.430} V_0 = 2,85 \times V_0.$$

La température de l'air fourni par la Cie Parisienne étant supposée égale à 10° centigrades ou 283° absolus, on aura la température de l'air détendu à la pression 136 par la relation :

$$\frac{T}{233} = \left(\frac{18.488}{50.000}\right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}}.$$

On en tire : T = 211° absolus ou t = — 62° centigrades.

La température de l'air extrait du réservoir de vide étant également au début de 10° centigrades, ou 283° absolus, deviendra après compression à 136 :

$$\frac{T'}{283} = \left(\frac{136}{26}\right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}}.$$

On en tire : T' = 454° et t' = 181° centigrades.

L'air provenant du mélange des deux masses gazeuses aura une température intermédiaire θ qu'il est facile de déterminer. Appelons M la masse d'air sortant du cylindre V_0 et M' la masse d'air sortant du cylindre V_1.

On aura :

$$M = 1 \text{ kg}, 293 \times K \times V_0 \times 5,$$

$$M' = 1 \text{ kg}, 283 \times V_1 \times \frac{76}{26}.$$

La masse M s'échauffe de — 62° à θ et la masse M' se refroidit de 181° à θ. Égalons les quantités de chaleur perdue et gagnée. Nous aurons ainsi la relation :

$$M(\theta + 62) = M'[181 - \theta],$$

d'où :

$$\theta = \frac{M' \times 181 - M \times 62}{M + M'}.$$

Remplaçons M et M' par leurs valeurs, dans lesquelles on sait que K = 0,491 et $V_1 = 2{,}85\ V_0$. On aura ainsi :

$$\theta = \frac{21{,}550}{3{,}416} = 6°{,}3.$$

Enfin, le volume de l'air comprimé à la pression 136 (mesuré avant compression et à la pression atmosphérique) sera :

$$5 \times K \times V_0 + \frac{26}{76} \times V_1 = \left[5 \times K + \frac{26}{76} \times 2,85\right] V_0 =$$
$$= 3,416\, V_0.$$

D'autre part le volume de l'air raréfié sera évidemment V_1 ou $2,85\, V_0$.

Le rapport des deux volumes est donc égal à :

$$\frac{\text{air comprimé}}{\text{air raréfié}} = \frac{3,416}{2,85} = 1,2 \text{ environ.}$$

Bien entendu, les deux cylindres comporteraient des enveloppes pour la circulation d'eau. Le liquide ayant servi au refroidissement du cylindre V_1 serait utilisé immédiatement après pour le réchauffement du cylindre V_0.

Le prix moyen de l'air comprimé et de l'air raréfié obtenus au moyen de cette machine peut s'évaluer théoriquement c'est-à-dire en ne tenant pas compte dans une première approximation du rendement mécanique.

Supposons que $V_0 = 1^{mc}$. Avec une consommation d'air à 5 kg égale à KV_0 c'est-à-dire à $0^{mc}, 491$ nous obtiendrons $3,416 + 2,85 = 6^{mc}, 266$ d'air (comprimé et raréfié). Or le volume d'air à 5 kg coûtera :

$$0,491 \times 5 \times 0^{f}, 0465 = 0^{f}, 114.$$

Le prix du mètre cube d'air utilisable pour le service pneumatique sera donc de :

$$\frac{0,114}{6,266} = 0^{f}, 018.$$

Ce prix est sensiblement le même que celui de l'air obtenu par le moyen des compresseurs actuellement utilisés.

Toutefois comme on n'a pas tenu compte du rendement mécanique, de la main-d'œuvre et des autres frais, le prix de revient de l'air comprimé ou raréfié obtenu au moyen de cette machine (ou de toute machine analogue, par exemple une trompe) serait sans doute notablement plus élevé et dépasserait celui de l'air produit actuellement par les ateliers du service pneumatique. Il ne semble donc pas économique d'employer l'air comprimé fourni

par la Cie Parisienne. Il vaudrait mieux continuer à utiliser les compresseurs actuels ou d'autres analogues actionnés électriquement.

L'énergie électrique fournie par la C.P.D.E. ne coûte en effet que $0^f,55$ le kilowatt-heure en haute tension et $0^f,77$ le kilowatt-heure en basse tension, ce qui permet d'obtenir le cheval-heure basse tension au prix de $0^f,56$. Or, à l'heure actuelle, le cheval-heure produit par les ateliers d'air comprimé du service pneumatique coûte environ $0^f,72$ (quatre fois plus cher qu'en 1885, époque à laquelle le cheval-heure coûtait $0^f,172$). Pour obtenir le prix du cheval-heure, on peut partir du prix du mètre cube d'air comprimé ou raréfié produit par le service pneumatique, soit $0^f,02$ environ à l'heure actuelle. Une machine de 100 chevaux fournit d'ailleurs 60 mètres cubes par minute c'est-à-dire pour un travail mécanique de :

$$\frac{100 \text{ chevaux heures}}{60} = 1,66 \text{ cheval-heure},$$

la dépense correspondante étant de :

$$60 \times 0^f,02 = 1^f,20,$$

le cheval-heure coûte en définitive :

$$\frac{1^f,20}{1,66} = 0^f,72.$$

Note. — La machine envisagée plus haut pour détenir l'air comprimé fourni par la Cie Parisienne ne fonctionnerait vraisemblablement pas avec un bon rendement. Le calcul effectué n'a eu d'autre but que d'évaluer le prix de revient de l'air comprimé ou raréfié dans l'hypothèse où il serait possible d'utiliser la totalité de la puissance mécanique contenue dans l'air comprimé à 5 kgr. Il ne constitue à aucun titre, un projet relatif à la réalisation d'une telle machine.

Note complémentaire, relative au travail nécessaire pour comprimer un certain poids d'air à la température t de la pression atmosphérique p_0 à une pression p_1.

Dans la note précédente on a établi que le travail nécessaire pour comprimer, de la pression p_0 à la pression p_1 un volume d'air égal à V_0 et pour faire pénétrer cet air dans un réservoir, supposé de volume infini, où la pression est égale à p_1 était représenté par la formule :

$$(1) \quad -\mathcal{C} = \frac{\gamma}{\gamma - 1} \left[p_0 v_0 - p_1 v_1 \right] .$$

On peut se proposer d'exprimer ce travail en fonction du poids Π de l'air aspiré dans l'atmosphère où la pression est égale à p_0 et la température absolue à T (T = 273 + t° centigrades).

Dans le cas de la compression adiabatique on a d'ailleurs la relation :

$$(2) \qquad p_0 v_0^{\gamma} = p_1 v_1^{\gamma} .$$

D'autre part, le poids Π d'un volume V_0 d'air à la pression p_0 et à la température T est donné par la formule :

$$(3) \qquad \Pi = V_0 \times 1{,}293 \times \frac{H}{760} \times \frac{1}{\alpha T} ,$$

dans laquelle H est la pression barométrique exprimée en millimètres de mercure et α le coefficient de dilatation cubique de l'air, égal à $\frac{1}{273}$.

De la formule (1) on tire :

$$(1)' \qquad -\mathcal{C} = \frac{\gamma}{\gamma - 1} \left[1 - \frac{p_1}{p_0} \frac{v_1}{v_0} \right] p_0 v_0 .$$

De la formule (2) on tire également :

$$\left(\frac{v_1}{v_0} \right)^{\gamma} = \frac{p_0}{p_1} ,$$

et
$$\frac{v_1}{v_0} = \left(\frac{p_0}{p_1}\right)^{\frac{1}{\gamma}}.$$

En portant dans l'équation (1) cette valeur de $\frac{v_1}{v_0}$ on a :

$$-\mathcal{T} = \frac{\gamma}{\gamma - 1}\left[1 - \frac{p_1}{p_0} \times \frac{p_0^{\frac{1}{\gamma}}}{p_1^{\frac{1}{\gamma}}}\right] p_0\, v_0,$$

ou bien : (1)″ $$\mathcal{T} = \frac{\gamma}{\gamma - 1}\left[\left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1\right] p_0\, v_0.$$

D'autre part la relation (3) peut s'écrire :

$$(3)' \qquad \Pi = v_0 \times 1{,}293 \times \frac{p_0}{10{,}332} \times \frac{1}{\alpha\, T},$$

en supposant p_0 exprimée en kilogrammes par mètre carré.

De l'équation (3)′ on tire :

$$v_0\, p_0 = \frac{\Pi \times 10{,}332 \times \alpha\, T}{1{,}293}.$$

En portant cette valeur de $v_0\, p_0$ dans l'équation (1)″ on a :

$$\mathcal{T} = \frac{\gamma}{\gamma - 1} \times \frac{10.332 \times \alpha}{1{,}293}\left[\left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1\right] T \times \Pi.$$

L'expression $\frac{\gamma}{\gamma - 1} \times \frac{10{,}332 \times \alpha}{1{,}293}$ est un coefficient numérique.

Sa valeur est de :

$$\frac{1{,}4}{0{,}4} \times \frac{10{,}332}{1{,}293} \times \frac{1}{273} = 102{,}42.$$

On a donc, en définitive :

$$\mathcal{T} = 102{,}42 \times \Pi \times T \times \left[\left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1\right].$$

Appliquons cette formule dans le cas où le volume v_0 est égal

à 1^{mc}, la pression p_0 à 76 centimètres de mercure et la pression p_1 à 136 centimètres de mercure. Le poids Π est connu, car c'est celui d'un mètre cube d'air, à 0° centigrade et à la pression de 760 millimètres de mercure, c'est-à-dire 1 kg, 293.

On a donc :

$$\mathcal{C} = 102{,}42 \times 1{,}293 \times 273 \times \left[\left(\frac{136}{76}\right)^{\frac{0{,}4}{1{,}5}} - 1\right].$$

En effectuant le calcul on trouve :

$$\mathcal{C} = 6542 \text{ kilogrammètres,}$$

chiffre déjà obtenu au moyen de la formule (1).

LA

Construction des lignes téléphoniques

AUX ÉTATS-UNIS (1)

A son retour d'un récent voyage d'études aux États-Unis, M. Byng a présenté, à l'Institution des Ingénieurs Électriciens anglais, un mémoire relatif aux méthodes de construction actuellement en vigueur dans ce pays. L'auteur se garde de toute comparaison et de toute appréciation : son exposé est purement descriptif.

INTRODUCTION

En Amérique, patrie du téléphone, on ne tarda pas à reconnaître les possibilités de cette merveilleuse invention et, dès le début, des techniciens s'employèrent à la perfectionner sur une base scientifique. C'est à cela sans doute qu'il faut attribuer en grande partie le rapide développement de la téléphonie aux États-Unis. On y trouve aujourd'hui 70 °/₀ des téléphones du monde entier ; les ingénieurs américains ont donc eu, plus que tous les autres, l'occasion de développer et de perfectionner leurs méthodes de construction. Ils ont effectué leurs installations dans des villes relativement nouvelles et au milieu d'une population qui considère le téléphone non comme un article de luxe, mais comme un objet indispensable à la conduite des affaires et à la vie moderne. En outre, le champ était ouvert

---

(1) Voir *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*, mars-avril et *The Journal of the Institution of electrical engineers*, janvier 1922.

aux compétitions d'ordre commercial. Il en est résulté une émulation qui n'a été égalée dans aucun autre pays.

ORGANISATION

Pour suivre l'évolution de la téléphonie en Amérique, il est nécessaire de dire deux mots de l'organisation du *Bell System* qui comprend l'American Telephone and Telegraph C° (« A. T. and T. C° ») et ses compagnies associées ; les réseaux Bell desservent environ 12.600.000 postes téléphoniques. En outre, il existe aux États-Unis environ 900.000 postes appartenant à des compagnies indépendantes qui n'ont aucune attache et aucun rapport avec le *Bell System*, dont elles sont les concurrentes dans plusieurs États. Des compagnies Bell associées existent dans tout le pays.

Chacune d'elles possède une organisation propre ; généralement les services sont divisés en quatre branches ; 1° services techniques ; 2° lignes et installations ; 3° exploitation ; 4° service commercial. Le fonctionnaire placé à la tête de chaque département est directement responsable vis-à-vis du vice-président ou du directeur général de la compagnie. Nous indiquons ci-dessous l'organisation de l'une des compagnies associées :

La liste des responsabilités respectives des divers départements permettra de se rendre compte de la nature des travaux qui leur incombent.

1° *Services techniques*. — Ils sont chargés :

a) de choisir les standards techniques utilisés lors des projets de construction des installations. ;

b) de préparer le plan fondamental relatif aux centraux téléphoniques et aux lignes interurbaines ;

c) de préparer les avants-projets et les devis correspondants ;

d) de dresser les inventaires et devis estimatifs ; d'étudier les questions de tarifs ;

e) de choisir l'emplacement des bâtiments ; de préparer les plans et devis relatifs aux constructions nouvelles ; d'assister les architectes en cas de besoin ;

f) de préparer les spécifications et devis relatifs à l'équipement des bureaux centraux, en collaboration avec l'ingénieur du trafic et avec la « Western Electric C° » ;

g) d'expérimenter les standards ; de faire appliquer les méthodes-types de construction, d'équipement, de transmission, de protection et autres adoptées par l' « A. T. et T. C° » ; de donner au service des installations toutes les instructions nécessaires ;

h) de reviser et d'approuver (ou de modifier après avis motivé) les plans et devis estimatifs se rapportant aux frais à prévoir en cas d'extension (des installations extérieures) préconisée par le Service des installations.

2° *Service des installations.* — Il est chargé :

a) de proposer l'extension du réseau pour faire face à un accroissement prévu du trafic ; de dresser les plans et devis estimatifs se rapportant aux dépenses entraînées par les travaux de construction et de reconstruction envisagés. C'est le département du trafic qui s'occupe de l'extension des circuits suburbains et interurbains et le département commercial qui étudie l'augmentation nécessaire du nombre des postes d'abonnés ;

b) de tenir au pair les documents relatifs aux installations ;

c) d'obtenir les autorisations de passage à travers les propriétés privées ;

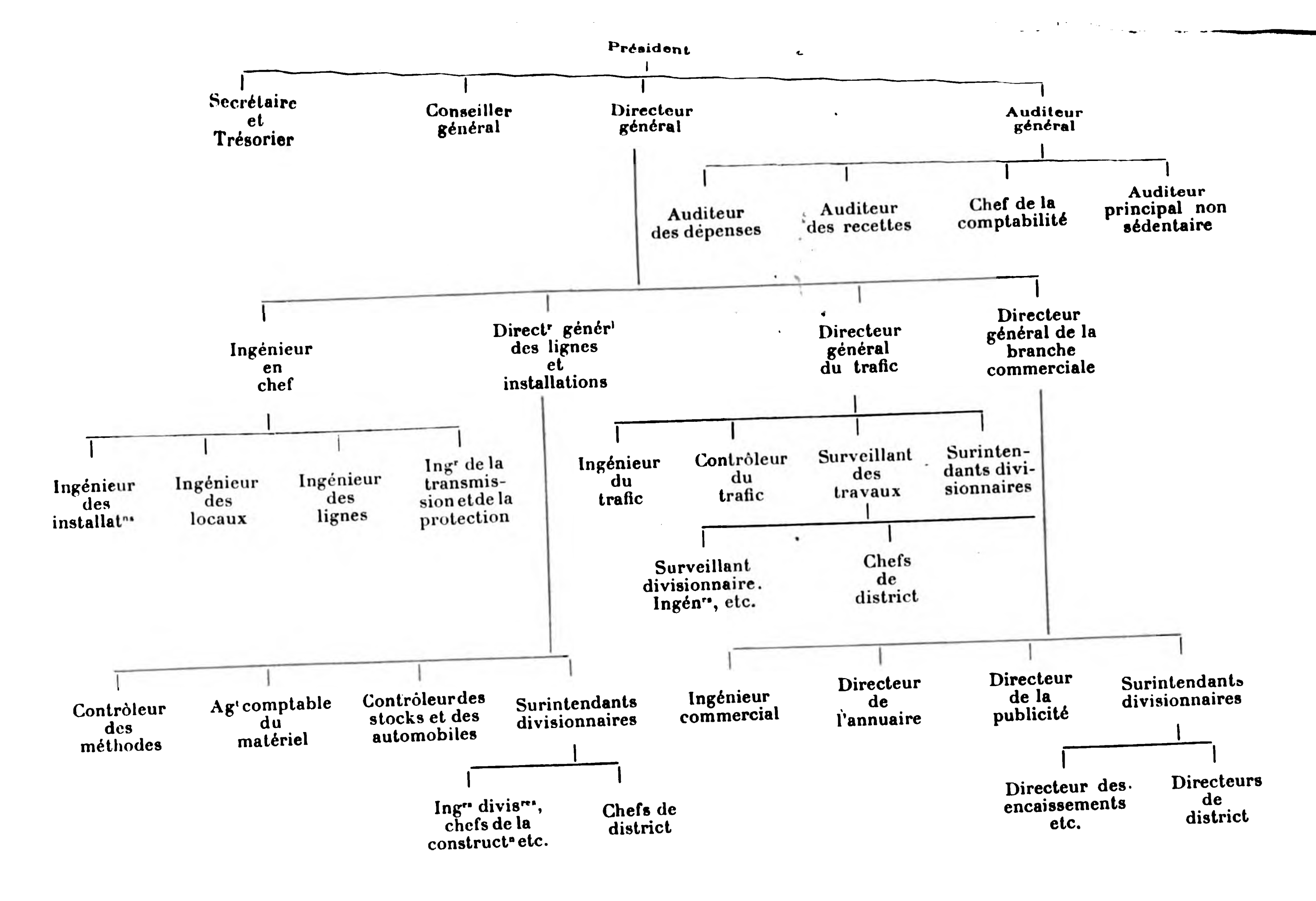
d) de la construction des lignes, de l'installation des postes et dans certains cas (pour la plupart, il s'agit d'additions peu importantes), de l'équipement des bureaux centraux ;

e) d'entretenir les installations téléphoniques et les immeubles, ainsi que le matériel, l'outillage et les véhicules automobiles ;

f) de commander et de distribuer le matériel et les accessoires ; d'établir les feuilles de salaires ainsi que les états de consommation du matériel et les relevés des frais occasionnés par la main-d'œuvre.

3° *Service de l'exploitation.* — Il est chargé :

a) d'évaluer tout le matériel nécessaire à l'extension des centraux et des circuits suburbains et interurbains en fonction de l'extension prévue du tarif ;


Président
Secrétaire et Trésorier
Conseiller général
Directeur général
Auditeur général
Auditeur des dépenses
Auditeur des recettes
Chef de la comptabilité
Auditeur principal non sédentaire
Ingénieur en chef
Directr générl des lignes et installations
Directeur général du trafic
Directeur général de la branche commerciale
Ingénieur des installatns
Ingénieur des locaux
Ingénieur des lignes
Ingr de la transmission et de la protection
Ingénieur du trafic
Contrôleur du trafic
Surveillant des travaux
Surintendants divisionnaires
Surveillant divisionnaire. Ingénrs, etc.
Chefs de district
Contrôleur des méthodes
Agt comptable du matériel
Contrôleur des stocks et des automobiles
Surintendants divisionnaires
Ingrs divisres, chefs de la constructn etc.
Chefs de district
Ingénieur commercial
Directeur de l'annuaire
Directeur de la publicité
Surintendants divisionnaires
Directeur des encaissements etc.
Directeurs de district

b) d'étudier et de faire appliquer les méthodes d'application des standards préconisées par l' « A. T. et T. Cᵒ » ;

c) de recueillir les données qui permettront d'établir le plan fondamental ;

d) d'assurer l'exécution du service d'exploitation ;

e) d'instruire les opératrices ;

f) de surveiller et de contrôler la marche des services ;

g) de prendre les mesures utiles en vue d'une étroite collaboration avec le département du trafic des autres compagnies associées ; d'étudier la façon de leur venir en aide, le cas échéant, pour résoudre les difficultés occasionnées par l'abondance du trafic.

Service commercial. — Il est chargé :

a) de fixer les tarifs urbains, suburbains et interurbains ;

b) de recueillir les renseignements d'ordre commercial nécessaires à l'établissement du plan fondamental ;

c) de composer, publier et distribuer les annuaires téléphoniques ;

d) d'entrer en relations d'affaires avec les compagnies associées ;

e) de prévoir les possibilités d'extension du trafic ;

f) de recruter des abonnés, de percevoir le montant des abonnements, etc.

Les responsabilités des divers départements s'étendent nécessairement à toute la circonscription de chaque compagnie, et le personnel est réparti en conséquence. *Toutefois, les services techniques constituent une sorte d'état-major ; ils occupent dans l'organisation une place telle que tout projet d'extension du réseau de la compagnie doive obligatoirement être approuvé par l'ingénieur en Chef avant que la commission exécutive n'en poursuive la réalisation.* En dernière analyse, l'ingénieur en Chef est en quelque sorte directement responsable du succès financier de l'entreprise, et de l'attribution aux actionnaires de dividendes raisonnables.

En ce qui concerne les surintendants divisionnaires, les détails de l'organisation varient surtout suivant l'étendue du territoire

desservi par la compagnie. Dans certains cas, leurs attributions sont plutôt administratives ; dans d'autres cas — lorsque les centres sont très éloignés l'un de l'autre notamment — il est plus avantageux de les spécialiser, d'avoir une organisation par sections territoriales.

Chacune des compagnies assure dans sa circonscription territoriale le service urbain des villes et villages et le service interurbain. C'est au service des lignes à longue distance de l'« A. T. et T. C° » qu'incombe la construction des circuits qui relient entre elles les localités appartenant à des territoires différents. Bien que ce service soit une branche de la compagnie principale, il est administré comme une compagnie distincte et ses attributions s'étendent à l'ensemble du pays.

L'« A T. et T. C° » constitue l'organe central du *Bell System*. Le personnel technique supérieur appartient à deux départements principaux : le service de recherches et de perfectionnements et le service technique et d'exploitation, qui ont à leur tête un vice-président de la compagnie. Ces départements constituent un comité consultatif commun à toutes les compagnies associées ; c'est grâce à cette organisation qu'on a réalisé un système téléphonique type pour l'ensemble du territoire des États-Unis.

Les agents des compagnies associées sont en relations suivies avec les départements centraux ; ce qui leur permet de se tenir au courant des nouvelles méthodes qui conviennent le mieux à leur branche particulière de trafic. Les compagnies associées n'entreprennent aucune recherche, aucun travail de standardisation de quelque importance. Ces travaux incombent à l'organisation centrale.

Outre le département technique central, il existe un autre service qui effectue des recherches en laboratoire, qui invente de nouveaux dispositifs et les essaie en ligne ; il s'agit des services techniques de la « Western Electric C° » qui, elle aussi, est associée à l' « A. T. et T. C° ». C'est la « Western Electric » qui est chargée de la construction des câbles et de tous les appareils téléphoniques utilisés sur les réseaux Bell ; en outre, elle

est chargée d'acheter tout le matériel auxiliaire, pour le compte de la compagnie principale, et suivant les indications fournies par celle-ci.

ÉTUDE DES EXTENSIONS PROBABLES

Pour constituer un réseau téléphonique à bon rendement, il est nécessaire de prévoir les extensions éventuelles plusieurs années à l'avance. Les anticipations se trouvent à la base d'un certain nombre d'études importantes qui incombent aux services techniques : tracé des circonscriptions desservies par les centraux téléphoniques, modification des tarifs, plans fondamentaux, estimations provisoires, budgets, etc.

Le plan fondamental et les études faites à l'occasion de son établissement renseignent sur les points suivants :

a) itinéraire définitif du réseau général de conduites souterraines ;

b) emplacements occupés par les centraux actuels et par ceux dont la construction est projetée ;

c) comment on procédera pour installer de nouveaux bureaux auxiliaires, pour étendre ou remplacer les centraux existants, toutes les fois qu'il s'agit de déterminer l'emplacement de nouveaux immeubles.

d) tracé le plus convenable que devront suivre les lignes auxiliaires et les lignes d'abonnés.

Les enquêtes commerciales nécessaires à l'établissement du plan fondamental sont conduites de la manière suivante par le service technique commercial :

1) Il utilise les documents actuels pour étudier la répartition momentanée des abonnés. En Amérique, les villes sont généralement construites par pâtés rectangulaires de maisons ; un document spécial est établi pour chaque block d'immeubles considéré comme élément de la distribution téléphonique. On prend note également de la nature du service.

2) Reprenant chaque pâté de maison l'un après l'autre, on classe les postes d'abonnés en postes commerciaux et en postes privés. Dans le premier cas, on indique la profession de l'usager

Dans le second cas : le nombre des personnes d'une même famille, la catégorie de l'habitation (maison particulière, appartement, logement, etc.) avec le prix du loyer le cas échéant. En même temps, on prend note des renseignements de même nature se rapportant aux non-abonnés qui habitent le pâté de maison.

3) On dessine un double jeu de cartes (tracées à une échelle convenable) où sont représentés les divers quartiers de la ville ainsi que les circonscriptions où les conditions sont considérées comme uniformes. Ces circonscriptions étaient connues autrefois sous le nom de « sections homogènes » ; aujourd'hui on les appelle généralement « sections de quartier ». On constate le plus souvent que le caractère d'une section est plus ou moins homogène ; tel est le cas lorsqu'une colonie étrangère s'établit dans un quartier de la ville ; en outre, tel quartier est purement ouvrier tandis que tel autre est habité bourgeoisement ; et ainsi de suite. Les cartes où sont représentés les quartiers et les sections de quartier sont comparées entre elles dans le but de tracer les « sections commerciales », qui, à leur tour, servent de base à l'estimation des développements futurs. Une telle section comprendra un certain nombre de pâtés d'immeubles, mais elle pourra être subdivisée si besoin est, dans le but de déterminer exactement la répartition finale des circuits.

4) On centralise les renseignements, obtenus comme il est dit au paragraphe 2 ci-dessus, pour chacune des sections commerciales afin de pouvoir ultérieurement se faire une idée du nombre des abonnés et des non-abonnés dans chacun des quartiers et pour l'ensemble de la ville.

5) Il est tenu compte des conditions locales : population d'après les recensements ; statistique du nombre d'enfants qui fréquentent les écoles ; statistique des naissances et des décès ; raisons de la rapidité ou de la lenteur avec laquelle la ville se développe ; situation de la ville par rapport aux villes voisines ; moyens de transports ; établissements industriels susceptibles d'influer sur le développement de la ville au cours des 20 années suivantes ; sens probable du développement de la propriété bâtie ; rapport entre le nombre des foyers et le nombre des postes téléphoniques

comparé au même rapport dans les villes placées dans la même situation ; enfin, effet produit par la diminution ou l'augmentation éventuelle des tarifs sur l'utilisation du service téléphonique par les diverses classes de la société. Les prévisions relatives à l'accroissement possible du trafic sont basées plutôt sur le nombre des familles que sur le chiffre brut de la population, le premier constituant une base plus sûre.

6) Après avoir étudié à fond toutes les conditions locales, le service technique commercial fait dessiner une carte qui fait ressortir le développement prévu pour chaque section de quartier pendant la période future envisagée. Lorsqu'il s'agit de régions qui se développent rapidement, la période est de 15 ans ; normalement, elle est de vingt ans. En vue de faciliter l'établissement du plan fondamental, on indique aussi sur la carte les estimations se rapportant à des périodes de 6 et 12 années.

INSTALLATIONS EXTÉRIEURES.

Le plan fondamental est dressé de façon à montrer l'aspect général du réseau local après 15 ou 20 ans, compte tenu des extensions prévues. Sur ce plan figurent les centraux et les canalisations souterraines existantes et projetées. Les futures canalisations sont tracées de façon à emprunter le chemin le plus direct entre les centraux et les pâtés d'immeubles qu'ils sont appelés à desservir, d'après un plan de distribution nettement défini. La disposition actuelle du réseau souterrain étant un guide tout indiqué dans la plupart des cas, il en est tenu compte. Le plan fondamental laisse de côté tous les détails ; c'est un aperçu d'ensemble des exigences futures. Les principaux itinéraires proposés y sont indiqués, mais l'installation réelle ne commence que le jour où l'extension du trafic, les travaux de voirie ou les règlements locaux la rendent nécessaire. En d'autres termes, le plan fondamental est le guide général des ingénieurs chargés de la construction ; chaque fois qu'une transformation ou une extension doit être réalisée, le plan indique la nature et l'importance des travaux à entreprendre.

Afin que le système de distribution soit toujours clair, harmonieux et économique, on procède à la revision du plan fondamental une fois tous les cinq ans. En général, il existe des conduites souterraines dans toutes les voies principales et très commerçantes ; dans les faubourgs, on utilise surtout les câbles aériens ; là encore, les postes des abonnés sont reliés au réseau par câbles aériens également. Les dimensions des conducteurs en cuivre sont fixées une fois pour toutes pour l'ensemble de la circonscription du central téléphonique.

La disposition des pâtés d'immeubles se prête merveilleusement à une distinction symétrique. Comme nous l'avons dit plus haut, un pâté de maisons constitue pour l'ingénieur une unité de distribution. Les pâtés d'immeubles ont généralement une longueur de 180 mètres et une largeur de 120 mètres. Dans les quartiers à sections très commerçantes, c'est-à-dire là où il faut un nombre considérable de circuits, chaque pâté est divisé en plusieurs sections qui sont desservies par des câbles « domestiques » directs. Là où la densité des lignes est moindre, on installe les canalisations intérieures ou extérieures — à raison d'une canalisation par pâté d'immeubles. Dans ce cas, il est préférable d'installer les canalisations sur poteaux dans les ruelles d'un même pâté ou dans les rues qui séparent deux pâtés voisins.

Nous venons de faire allusion aux câbles aériens. On a reconnu les avantages qu'ils présentent dans certaines conditions, le jour où les lignes aériennes ont été encombrées en permanence. D'autre part, à certain moment, on a considéré le câble aérien comme un organe de transition entre le fil aérien et le conducteur souterrain. En raison de ce que les bagues endommagent les enveloppes de câble, de ce qu'il se produit une cristallisation du métal de l'enveloppe au voisinage des appuis etc..., on avait pensé que pour garantir le service contre toute interruption due à des causes de ce genre, il était souvent préférable de poser les câbles interurbains dans des conduites souterraines. On était arrivé, grâce à des études approfondies, à protéger les lignes en câble des abonnés contre les défauts dont il s'agit ; ce succès engagea les ingénieurs à reporter leur attention sur les câbles à longue distance, si bien

qu'il est de règle aujourd'hui de poser des câbles aériens toutes les fois que les conditions locales le permettent. On verra plus loin quels sont les avantages et les inconvénients de ce mode de construction des lignes à longue distance.

Lorsqu'il s'agit de se prononcer en faveur de tel type d'installations on envisage toujours la question économique ; mais il y a lieu de faire intervenir d'autres considérations : sécurité, qualité du service à fournir ; désir de satisfaire la clientèle de la compagnie. L'étude des dépenses doit porter sur les frais de premier établissement et sur les frais annuels, pour une période de transition, ou une période s'étendant jusqu'au jour où l'on adoptera une façon de procéder nettement définie quel que soit le type d'installations adopté tout au début. De cette façon, on se procure, avec le minimum de frais, toutes les commodités voulues pendant tout le temps que les installations demeurent en service.

Les câbles pour abonnés se subdivisent en deux catégories : les câbles principaux et les câbles de distribution. Les premiers sont les gros câbles qui amènent les lignes d'abonnés dans les centraux téléphoniques. Les câbles de distribution ou petits câbles sont ceux qui alimentent les points de distribution proprement dits. Les câbles standardisés renferment de 25 à 900 paires de conducteurs, plus un pour cent de circuits de réserve. S'il faut loger un plus grand nombre de conducteurs dans une enveloppe en plomb de 66 mm. de diamètre, on se sert de câbles dont les conducteurs sont d'un diamètre plus faible (calibre n° 24 de la jauge Brown et Sharpe (fil de 0,510 mm.) au lieu de fils n° 22 (0,644 mm.), ce qui permet de construire des câbles à 1.200 paires. On emploie des câbles de ce modèle dans les régions qui se développent rapidement et pour la traversée des villes importantes toutes les fois que les circonstances le permettent. Des expériences sont faites actuellement dans le but de s'assurer s'il est possible de construire et d'utiliser des câbles téléphoniques à 1.500 paires : les conducteurs (calibre 24, jauge B et S 0,510 mm.), pèseront 1.475 gr. par mille (1.609 m.).

Pour les lignes d'abonnés, on a adopté un code des couleurs.

Les circuits des câbles principaux sont groupés par centaine, plus 1 circuit qui facilite les essais et le numérotage des circuits d'un même groupe. Pour un câble à 1.200 paires le code des couleurs est le suivant :

Groupe	N° des paires de fils	Couleur du papier isolant
1	{ 100	Rouge — Blanc
	{ 1	Rouge — Orange
2	101	Bleu — Blanc
3	101	Orange — Blanc
4	101	Vert — Blanc
5	101	Rouge — Bleu
6	101	Rouge — Vert
7	101	Rouge — Blanc
8	101	Bleu — Blanc
9	101	Orange — Blanc
10	101	Vert — Blanc
11	101	Rouge — Bleu
12	{ 100	Rouge — Vert
	{ 1	Rouge — Orange

Le papier est enroulé en spirale autour des fils, de sorte qu'il n'est pas nécessaire d'employer une gaine en coton pour le maintenir en place. Une paire de conducteurs est formée de deux fils câblés ; les paires sont toronnées en couches superposées. Les deux paires combinables d'un même quadrille sont revêtues chacune d'une gaine en coton, mais l'ensemble n'est pas isolé de cette façon.

Il y a déjà plusieurs années, on avait considéré en Amérique que le plomb employé seul ne possédait pas les propriétés mécaniques essentielles pour qu'une enveloppe de câble fût en tous points satisfaisante. Une bonne enveloppe doit offrir une certaine résistance à l'arrachement, elle doit pouvoir se recourber sans qu'il se forme de coque ; enfin, elle doit résister aux phénomènes chimiques. On avait constaté qu'un alliage composé de 97 parties de plomb et de 3 parties d'étain possédait la robustesse voulue même lorsque l'épaisseur de l'enveloppe était sensiblement réduite. Vu le prix élevé de l'étain, on essaya divers alliages et on adopta finalement un alliage, composé de 99 parties de plomb pour une

partie d'antimoine, qui sert pour les câbles téléphoniques aériens ou souterrains. Avant de poser l'enveloppe en plomb antimonieux, on entoure l'âme du câble d'une couche de papier rouge qui permet aux ouvriers de distinguer la nature des chutes de câble; ils ne peuvent confondre dans la suite un morceau de câble sans plomb antimonieux avec un morceau de câble sans alliage plomb-étain. C'est en outre une indication pour les soudeurs qui opèrent différemment lorsque l'enveloppe renferme de l'antimoine.

Il n'est pas d'usage d'établir des dérivations sur les canalisations principales. Pour ne pas avoir à ouvrir les enveloppes lorsqu'il s'agit de faire un branchement ou de transférer les câbles des circuits dérivés, on se sert de manchons de raccordement aménagés de place en place. Le câble de raccordement contient un nombre de paires de conducteurs suffisant pour faire face aux besoins prévus, plus un certain pourcentage qui permet d'apporter ultérieurement certaines modifications à la distribution, ce qui confère au système une certaine élasticité. Toutefois, les dimensions du câble de raccordement n'excèdent pas celles du câble auquel il est raccordé ; autant que possible, les circuits y sont groupés en nombre pair de centaines, ce qui correspond avec le code des couleurs dont nous avons parlé ci-dessus. En une région déterminée, la distribution se fait par un câble unique, équipé de telle façon que toutes les dérivations se trouvent dans des chambres de tirages voisines. Dans la pratique, ce sont les mêmes paires qui sont prises en dérivation en deux ou plusieurs points et lorsqu'un câble de secours est installé on prend bien soin d'éviter un changement dans le numérotage des circuits sur le tableau principal. Le premier câble dessert une zone permanente comprise entre le central et le point où est branché le câble de secours ainsi qu'une zone provisoire située au-delà de ce point. Lorsque le nouveau câble est mis en place, on coupe le câble primitif au point voulu sans qu'il soit nécessaire de transférer aucun câble ou manchon de raccordement. La figure 1 représente schématiquement cette opération.

Dans les régions qui se développent rapidement la pose d'un câble de secours est envisagée dès que 60 ou 65 % des paires de

conducteurs sont en service. Il est très rare que le service des câbles soit obligé d'ouvrir les manchons de raccordement des canalisations principales ; on évite cette opération dans la crainte de détériorer les paires de fil, et pour éviter d'abaisser la résistance d'isolement.

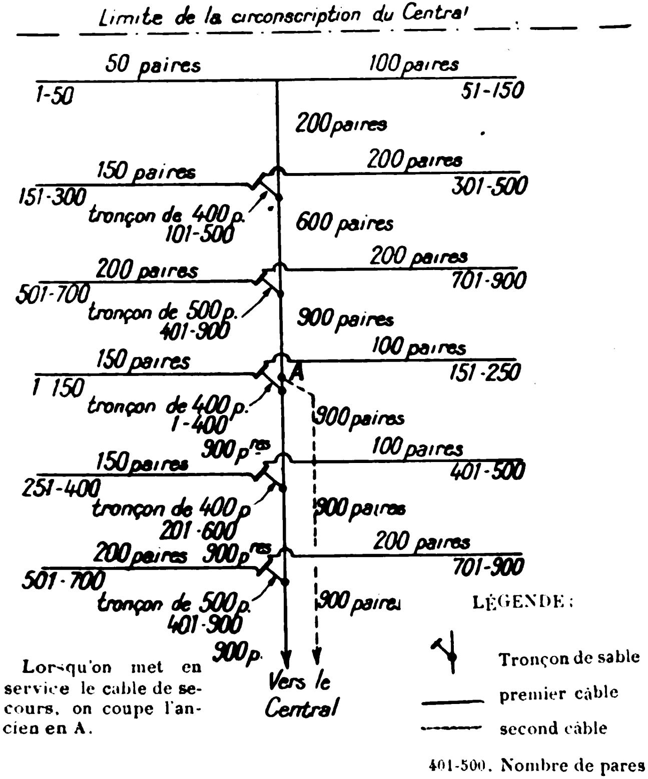


Fig. 1. — Répartition des circuits.

L'ingénieur chargé des lignes se familiarise avec tous les détails de la partie du réseau placée sous sa juridiction ; grâce à des fiches de renseignements, il sait combien il reste de circuits disponibles sur le câble ; il peut ainsi faire effectuer certaines extensions tout en parant, le cas échéant, à la congestion des circuits. S'il ne connaît pas à fond ses installations et s'il ne se tient pas au courant de l'accroissement du trafic, l'ingénieur est dans l'impossibilité absolue d'installer un réseau téléphonique

vraiment efficace. Aussi, a-t-il à sa disposition, outre les plans fondamentaux, une série de cartes sur lesquelles sont indiquées en détail toutes les installations existantes. Elles portent le nom de « cartes d'étude des installations » ; elles sont tracées surtout pour guider l'ingénieur lorsqu'il aura à décongestionner le réseau. Il existe une étroite collaboration entre les ingénieurs des services de construction et ceux du service commercial ; il en résulte que ce sont les travaux les plus urgents qui sont effectués en premier lieu et qu'on ne cherche pas à recruter de nouveaux abonnés avant d'avoir sous la main tout le matériel qui permettra de les servir rapidement.

Construction des lignes

Diverses catégories de conducteurs. — Pour les lignes interurbaines on se sert presque exclusivement de fil de cuivre écroui n° 8, jauge normale des fils de Birmingham pesant, par mile (1609 m.), 435 livres ou encore n° 12, jauge normale britannique pesant 173 livres par mile ; mais, pour les lignes peu importantes, on utilise soit du fil de fer galvanisé [n° 12 jauge normale de Birmingham (165 livres) et n° 14, même jauge (96 livres)], soit du fil de cuivre (n°s 12 et 14, jauge normale britannique (102 livres). On utilise le fil de fer galvanisé dans les zones situées sur la périphérie des circonscriptions très étendues, là où le service se développe très lentement, de même que dans les portions des circonscriptions peu étendues, qui répondent aux conditions suivantes :

1° Lorsque l'extension prévue est inférieure à 10 lignes d'abonnés pour une période de 15 années ;

2° Lorsque les conditions locales permettent de conserver les lignes en fil de fer pendant 8 ans au moins ;

3° Lorsque la transmission ne doit pas en souffrir.

Dans les régions où les fils de fer sont exposés à l'air humide ou aux fumées d'usines, l'expérience a prouvé qu'ils ne se conservaient pas pendant 8 ans. C'est pour cette raison que la plupart des lignes aériennes des États de l'est sont en fil de cuivre.

Les fils bimétalliques sont rarement employés comme conducteurs aériens ; on les trouve parfois sous forme de câbles de distribution isolés. Ces conducteurs isolés servent aussi pour relier les abonnés au réseau lorsque l'étude des extensions éventuelles donne un nombre maximum de 6 postes pour une période de 5 ans et lorsque la distance à franchir ne dépasse pas 300 mètres. Lorsque 3 ou 4 circuits suffisent, on les pose non sur des traverses, mais sur des boutons en porcelaine fixés aux poteaux. Le nombre des fils des nappes aériennes est, autant que possible, limité à 30 dans les villes ; ce chiffre,. correspondant à l'armement de 3 traverses portant chacune dix fils. Lorsque le nombre des circuits est supérieur, il vaut mieux, dès le début, poser un câble aérien. On voit de plus en plus les lignes téléphoniques et les lignes d'énergie voisiner sur les mêmes appuis. Les compagnies intéressées y trouvent leur compte, surtout lorsqu'il s'agit de lignes de distribution de faible longueur.

Soudures. — Les joints torsadés et soudés sont remplacés presque partout par un joint à manchon en cuivre Mc Intyre, lorsqu'il s'agit de conducteurs en cuivre écroui. Avec les fils en fer galvanisé, on utilise des tubes en acier ; toutefois on y trouve aussi des joints réglementaires torsadés et soudés. Sur les isolateurs des lignes en fil nu, le fil de ligne est fixé au moyen d'un fil recuit de même nature que la première.

Poteaux d'arrêt des lignes aériennes. — Aux points où ils quittent la ligne, les circuits sont arrêtés sur les isolateurs verticaux. Sur les lignes auxiliaires, on utilise du câble isolé en fil n° 18 (1 mm. 024 de diamètre). Dans l'établissement des lignes à longue distance, on utilise du fil isolé n° 14 (1 mm. 628 de diamètre), pesant 65 livres par mile. Dans les deux cas, le conducteur isolé est maintenu en dessous des traverses au moyen de petits cavaliers. Sur les lignes importantes, on évite les pertes aux points d'arrêts en employant un isolateur supplémentaire en matière spéciale appelée « électrose ». La figure 2 montre comment les conducteurs sont soudés à la ligne après avoir traversé les deux tubes de l'isolateur en électrose.

Pupinisation des lignes aériennes. — Avant l'introduction des

relais téléphoniques, les Américains pupinisaient les lignes à longue distance dont les conducteurs étaient du calibre n° 8 (4 mm.) ou 12 (2, 6 mm.). Lorsqu'on a installé des relais sur les anciennes lignes, on a supprimé les bobines Pupin. Lorsque les fils ont un diamètre plus petit, les bobines sont absolument néces-

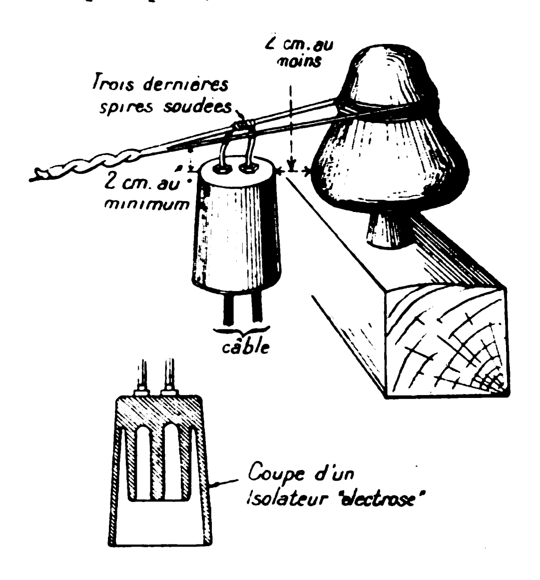


Fig. 2. — Poteau d'arrêt sur une ligne interurbaine à longue distance.

saires ; elles sont maintenues en place et on leur adjoint des relais téléphoniques. Une « boîte de charge » renferme trois bobines, une pour chaque circuit métallique et une pour le circuit combiné ; elle est fixée solidement sur le poteau en même temps qu'un parafoudre destiné à protéger les bobines.

Cables souterrains

Relèvement d'un câble souterrain. — Si, pour relever un câble on se sert d'un camion automobile comme pour la pose, il faut faire passer le filin de tirage sur la gorge de deux poulies. La corde de tirage est constituée par une corde merlin croisée plusieurs fois, ou par une corde, en chanvre de Manille, non toronnée. L'amplitude de chaque section tirée est limitée par la distance

qui sépare la poulie inférieure de la sortie de la conduite; après chaque tirée, la corde de tirage est déplacée à la main. On peut encore retirer le câble des conduites, à la main par un procédé dit « pumping-out » (méthode du pompage) indiqué sur la figure 3. C'est un procédé à la fois expéditif et rapide si les hommes qui font tourner la bobine travaillent en cadence avec celui qui fait avancer le tendeur au fur et à mesure que le câble s'élève et s'enroule.

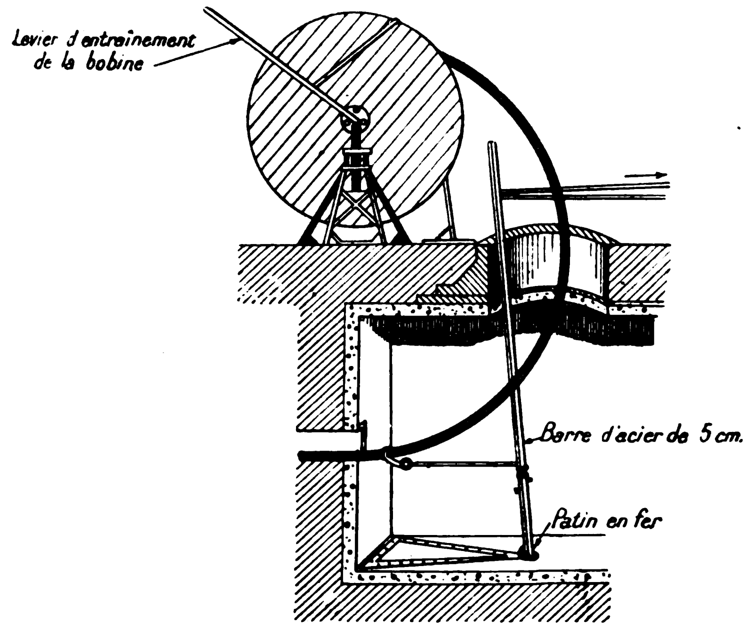


Fig. 3. — Relèvement d'un câble souterrain.

Essais par pression d'air. — En général, les compagnies américaines des téléphones n'utilisent pas d'appareils de dessication; toutefois, il en existe deux qui les emploient, combinés avec un compresseur à air, simplement dans le but de s'assurer : 1° si l'enveloppe de plomb est en bon état entre deux épissures consécutives ; 2° si les soudures faites par les plombiers sont irréprochables. Le nombre des défectuosités de cette nature relevées sur les câbles des abonnés est si faible que les Américains jugent superflu d'engager des dépenses pour les soumettre à de

essais par pression d'air. On considère que lorsqu'elle quitte l'usine, l'enveloppe en plomb est en parfait état ; au cours des travaux de pose du câble, toutes les précautions sont prises pour ne pas endommager l'enveloppe. Tous les soudeurs sont obligés de passer par une école d'apprentissage ; ils doivent subir avec succès l'examen pratique de sortie avant d'être employés sur les chantiers ; les travaux de plombage sont remarquablement exécutés Les ouvriers soudeurs sont fiers de leur travail dont ils saisissent toute l'importance ; ils considèrent comme un blâme indirect pour leur spécialité le fait qu'un défaut de plombage empêcherait le câble de fonctionner normalement : aussi, est-il très rare qu'on ait à déplorer une pareille négligence.

Dans le cas des câbles à longue distance, la question de l'essai par pression d'air est un peu différente, car, si un défaut se produisait pendant la pose, il en coûterait beaucoup plus pour le trouver et le supprimer en rase campagne que dans les grands centres où le personnel des dérangements est plus nombreux. D'àutre part la perturbation apportée en pareil cas au service interurbain est autrement importante. Nous croyons savoir qu'on étudie actuellement en Amérique la question des essais de pressoin d'air sur tous les câbles des lignes à grande distance.

Dessiccation. — Les Américains ne cherchent pas à remédier aux défauts d'isolement par la dessiccation à l'air chaud ou au gaz carbonique. Ils considèrent qu'avec une const·uction soignée, il y a peu de chances pour qu'il se produise un défaut de ce genre entre deux épissures consécutives, sauf bien entendu le cas relativement rare d'un dommage dû à un choc violent. Il vaut mieux remplacer la section défectueuse du câble sauf au cas où le défaut est localisé ; on se contentera alors de plonger le point défectueux dans un bain de paraffine bouillante. Les câbles sont posés sur les étagères des chambres de soudure avec de grandes précautions ; aussi est-il rare qu'une épissure soit endommagée.

Bien que la cire qui glisse dans les manchons de raccordement ne constitue pas un joint étanche, elle a pour effet de retarder l'avance de l'eau dans le câble en cas de défaut ulté-

rieur; on a ainsi le temps de découvrir l'emplacement de celui-ci avant que le câble ne soit trop sérieusement endommagé. Le procédé du bain de paraffine garantit un isolement élevé; lorsque l'humidité pénètre, par la suite, dans un manchon, il suffit de replonger celui-ci dans un bain bouillant pour que l'isolement redevienne normal. Dans le cas où les dégâts occasionnés par l'eau sont considérables, on procède immédiatement au remplacement de la section; toutefois, il est rare qu'on soit obligé d'en arriver là.

Dispositifs économisant la main-d'œuvre

Les salaires sont tellement élevés en Amérique que les compagnies emploient nombre d'outils et de dispositifs qui facilitent le travail des équipes de construction. Comme, en Grande-Bretagne, les salaires ont été relevés considérablement au cours des cinq ou six dernières années, il n'est pas inutile de dire deux mots de quelques machines employées couramment aux États-Unis.

Machines à creuser les tranchées. — On a imaginé une petite machine qui convient particulièrement pour creuser les tranchées peu profondes dans lesquelles sont posées les conduites téléphoniques. Une roue de 90 cm. de rayon, qui peut être élevée et abaissée à volonté, est fixée à l'arrière d'un tracteur. Sur le pourtour de la zone sont disposées plusieurs dents en forme d'auget qui entament le sol et rejettent la terre par côté. Il est ainsi possible de creuser à une profondeur d'un mètre soixante-dix, sur une largeur de cinquante à soixante centimètres. La machine convient lorsque la tranchée est ouverte dans un chemin ou dans une rue où il n'y a que peu d'obstacles. Lorsqu'on en rencontre un, on manœuvre la machine de manière à ce qu'elle s'arrête à quelques centimètres de l'obstacle. Les augets coupants mordent sur une route macadamisée ordinaire sans difficulté. En rase campagne, on peut creuser une longueur de deux mètres en une minute.

Machines à remblayer. — C'est une sorte de charrue qui per-



met de rejeter la terre dans la tranchée. Il faut deux hommes pour guider la machine qui est tirée par un câble d'acier s'enroulant autour d'un travail placé sur un camion automobile.

Machines à damer. — Le damage est un travail pénible que les Américains effectuent mécaniquement. Un moteur à pétrole élève à 1 m. 50 un bloc carré pesant 80 kg., qui retombe ensuite sur le sol à raison de 30 coups à la minute ; la machine avance de 90 cm. en une minute. En un temps donné, cette hie mécanique fait autant de travail que 10 hommes armés d'une dame pesant 6 kg. Le remplissage de la tranchée ainsi que le damage se font en partant de l'une puis de l'autre extrémité.

Malaxeurs. — Pour préparer le béton qui sera posé au fond et sur les côtés d'une tranchée pour câbles, qui servira à garnir les chambres de tirage et de soudure, on se sert d'un malaxeur monté sur un camion automobile. Le sable et les graviers sont mélangés à terre, puis montés dans une trémie à l'aide d'un transporteur actionné mécaniquement. Un réservoir rempli d'eau est aménagé sur le camion. Lorsqu'on veut se servir d'un malaxeur, on fait tomber une certaine quantité de graviers et de sable mélangés ; on ajoute du ciment et de l'eau et on met le malaxeur en marche. Le béton est porté dans la tranchée ou dans la chambre au moyen d'une auge mobile. La pose du béton se fait ensuite à la main.

Machines à forer les trous. — Un camion de trois tonnes porte une grosse tarière qui peut creuser un trou d'un mètre quatre vingt-cinq sur quarante-cinq, cinquante ou soixante centimètres. Une série d'engrenages actionne la tarière qui tourne à la vitesse de 60 tours par minute. Un plateau tournant permet de creuser le trou, à droite, à gauche ou en arrière du camion. Suivant la nature du terrain, un trou d'un mètre quatre-vingts est creusé en 3, 4 ou 5 minutes. La terre la plus dure et l'argile n'offrent que peu de résistance à la tarière ; le seul obstacle sérieux serait le roc. Il faut deux hommes pour faire marcher la foreuse : l'un s'occupe du moteur, l'autre de la tarière. Deux leviers suffisent pour effectuer toutes les manœuvres : l'un sert à commander le mouvement de va-et-vient ; l'autre à débrayer ou embrayer

le frein qui commande la tarière. Après avoir creusé le sol pendant quelque temps, on soulève la tarière qui entraîne avec elle toute la terre meuble. En faisant tourner rapidement la tarière, on la débarrasse de cette terre. La tarière peut être employée de biais, par exemple pour forer un trou pour piquet de hauban.

Les camions du dernier modèle portent en outre une petite grue qui sert pour planter les poteaux dès que les trous sont creusés. Nous avons vu planter des poteaux de 14 mètres avec cette machine dans un sol argileux très compact. Les trous d'un mètre quatre-vingts étaient creusés en moins de 5 minutes ; 6 minutes après, les poteaux étaient descendus dans le trou, prêts à être damés. L'équipe de plantation était composée de trois hommes dont un contremaître.

Machines à dresser les poteaux. — Toutes les compagnies de téléphones possèdent plusieurs camions de 3 tonnes portant une chèvre pour dresser les poteaux. Normalement, la chèvre est posée sur un côté du camion, mais on peut lui faire prendre la position convenable pour dresser les poteaux en quelques minutes. Sur les grand'routes, lorsque les trous ont été faits et les poteaux distribués à l'avance, on peut planter en une heure 40 poteaux de 7 m. 60, quand tout va bien. Huit hommes et un contre-maître ont pu poser 300 poteaux en 8 heures ; c'est un record. La chèvre sert encore pour arracher le pied des vieux poteaux qu'il s'agit de remplacer.

Mise en place des bobines Pupin. — Les camions de trois tonnes sont en outre pourvus d'une petite chèvre qui sert à descendre les caisses de bobines dans les chambres. Certaines compagnies ont adopté une méthode différente qui consiste à munir le camion d'une glissière horizontale qui surplombe l'arrière ; au moyen d'un palan, on soulève les caisses qui reposent sur le camion, on les fait avancer jusqu'au bout de la glissière, puis on les descend dans la chambre de pupinisation.

Pompes. — Les camions utilisés lors de la construction des canalisations souterraines ou en cas de réparations, sont munis d'une pompe aspirante qui peut débiter 1.300 litres par minute. Elle est actionnée par le moteur même du camion.



Treuils à moteur. — La plupart des compagnies Bell utilisent pour poser les câbles un treuil actionné par un moteur ; les joues du treuil sont espacées de 60 centimètres et le tambour a un diamètre de 25 centimètres. Le treuil est fixé sur un camion de 3 tonnes immédiatement derrière le siège du conducteur. Le câble de tirage en acier a une longueur de 300 mètres et un diamètre de 15 mm. Les engrenages sont munis d'un cliquet d'arrêt qui est manœuvré directement par le conducteur et d'un dispositif réducteur de vitesse. Le même camion peut transporter deux bobines de câble qui sont hissées sur la plateforme au moyen du treuil même. La manœuvre d'un simple levier permet de soulever, de maintenir en place ou d'abaisser la charge. Dans des conditions normales, on peut poser le câble à la vitesse moyenne de 15 mètres par minute.

Foreuses à air comprimé. — Lorsqu'en creusant les tranchées on tombe sur un banc de roches, on utilise souvent des foreuses pneumatiques. Elles servent également pour percer les trous de poteaux dans le roc. En 7 ou 8 minutes, on peut forer un trou de 90 centimètres sur 35 mm., dans lequel est ensuite placée une charge de dynamite. Le roc mis en morceaux est alors enlevé par les moyens ordinaires.

UN LIVRE DE M. KENNELLY

SUR LES APPLICATIONS ELEMENTAIRES DES FONCTIONS HYPERBOLIQUES A LA SCIENCE DE L'INGENIEUR ELECTRICIEN.

Sous ce titre vient d'être publié par la librairie Gauthier-Villars un livre d'enseignement électrotechnique général signalé aux lecteurs des *Annales* comme une des productions les plus importantes non seulement de la littérature scientifique récente, mais de la littérature scientifique de tous les temps.

Dans ce petit ouvrage substantiel et d'une lecture très attrayante, M. Kennelly a réussi à concentrer en 150 pages toute la science de la transmission électrique.

Ce livre offre au lecteur, qui voudra bien s'en imprégner et le méditer longuement comme il le mérite, le moyen de résoudre les problèmes les plus ardus de la transmission le long d'un conducteur électrique quelconque : ligne de transport de force, ligne de traction, ligne télégraphique, ligne téléphonique, antenne de télégraphie sans fil, etc...

Des formules très générales, que M. Kennelly offre avec une grande modestie, sans faire même allusion à la part considérable qui lui revient dans leur élaboration, sont le résultat d'un long et patient travail de synthèse mathématique et de contrôle expérimental.

Il est à souhaiter que les jeunes ingénieurs apprennent à se servir de ces formules dans la pratique courante, en utilisant les tables et les abaques de fonctions hyperboliques de variables imaginaires, qui sont elles aussi dues intégralement aux patients efforts de M. Kennelly.

En signalant ce livre à l'attention des lecteurs des *Annales*, on ne peut se priver du plaisir d'évoquer le souvenir des belles leçons que M. Kennelly, à la suite d'un accord intervenu entre les universités américaines et françaises, a professées en France au cours de l'année scolaire 1921-1922 dans de nombeuses écoles techniques et en particulier : à l'École Supérieure d'Électricité de Paris, à l'Institut électrotechnique de Grenoble, à la Faculté des Sciences de Nancy, etc...

M. Kennelly a prodigué ses forces et son temps pour enseigner aux étudiants français quelques-uns des principes électrotechniques dont l'application a permis aux États-Unis le prodigieux développement que l'électricité a pris dans ce pays.

En outre, à chaque passage dans une école de France, M. Kennelly a décrit aux étudiants français, dans des conférences à la fois instructives et agréables, la vie de leurs camarades américains, leurs associations sportives, leurs maisons d'étudiants, leurs bibliothèques, leurs jeux, etc...

Ces conférences et ces leçons contribueront fortement à resserrer encore davantage les liens d'amitié cordiale et sincère qui unissent les deux républiques française et américaine « entre lesquelles, a dit M. Kennelly, il ne peut exister aucun motif sérieux de désaccord et qui présentent tant d'analogie par l'élévation des sentiments et par le culte imprescriptible du Droit et de la Justice ».

Service d'Études et de Recherches Techniques
DE L'ADMINISTRATION DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES.

Essais de téléphonie à haute fréquence entre Amiens et Boulogne-sur-Mer.

On sait que le système de téléphonie multiplex utilise des courants à haute fréquence de différentes longueurs d'onde se propageant le long des circuits interurbains. Les *Annales des Postes et Télégraphes* lui ont consacré des articles documentés (voy. année 1920, n° 4 ; année 1921, n°s 2 et 3).

Des essais satisfaisants, au cours desquels deux conversations à haute fréquence ont été superposées à une conversation ordinaire, ont été faits récemment par le Service d'Études entre Amiens et Boulogne sur un circuit de 125 kilomètres de long, en fil de cuivre de 2^{mm},5.

Ces deux nouveaux circuits à haute fréquence ont été amenés à deux jacks des tables interurbaines d'Amiens et de Boulogne-sur-Mer et exploités comme des circuits ordinaires, sauf en ce qui concerne l'appel. On a réalisé des conversations entre abonnés de Boulogne et abonnés de Paris, en haute fréquence entre Boulogne et Amiens (125 km), en basse fréquence entre Amiens et Paris (140 km). L'audition sur ces nouveaux circuits était meilleure qu'en basse fréquence. Bien plus, un jour où celle-ci fut impossible par suite d'un mélange, les deux communications à haute fréquence continuèrent à fonctionner.

Les émetteurs thermo-ioniques à haute fréquence ont un fonctionnement extrêmement stable ; ils oscillent des journées entières sans déréglage et ne demandent aucune surveillance. Ils peuvent, sans inconvénient, être confiés à un personnel non spécialisé. Les lampes, très peu poussées, fonctionnent sans la moindre fatigue. A Amiens et à Boulogne, les accumulateurs de plaque ont été remplacés par le secteur continu à 220 volts, le chauffage étant prélevé sur la batterie centrale.

COMITÉ TECHNIQUE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES.

Les postes radiotéléphoniques en France et à l'étranger ; le développement de la radiotéléphonie d'informations générales.

La transmission à distance de signaux par l'intermédiaire des ondes hertziennes est l'une des plus grandes inventions modernes qui ont été accueillies avec le plus de faveur par le public. Dès que l'apparition des détecteurs électrolytiques ou à cristaux eût rendu pratique et peu onéreuse la réception des signaux transmis par les grands postes émetteurs, de nombreux particuliers installèrent à leur domicile des appareils récepteurs fort simples, grâce auxquels ils purent suivre les émissions des principaux postes, et écouter, en particulier, les signaux horaires.

Les progrès, réalisés depuis la guerre, et notamment l'apparition de la lampe à trois électrodes, eurent pour conséquence, dans tous les pays, un développement intense de l'usage des ondes hertziennes ; et partout, le nombre des postes privés augmenta considérablement.

De plus, en raison des applications multiples de la lampe à trois électrodes, une tendance nouvelle est apparue ; à savoir la possibilité de réaliser, avec les tubes à vide, de petis émetteurs radiotéléphoniques d'un maniement facile. Mais en matière d'émission il faut éviter le risque de produire un encombrement de la voie hertzienne, laquelle n'a qu'une capacité fort limitée, et dans laquelle un nombre excessif de transmissions simultané arrive très rapidement à produire une confusion irrémédiable.

Ce fut en Amérique que l'usage des postes radioélectriques prit la plus grande extension. En Europe, des dispositions légales s'opposaient, en général, à la liberté de l'émission privée. En France, la loi de 1851, instituant le monopole télégraphique

ou téléphonique, mettait, en principe, obstacle aux transmissions radioélectriques d'usage privé. Toutefois, un décret paru le 15 mai 1921 a admis la possibilité de l'établissement de semblables communications, moyennant le payement annuel d'un droit d'usage, calculé d'après la distance séparant les postes correspondants ; mais ce décret, que l'on peut considérer comme un décret provisoire, ne répond déjà plus aux besoins, sans cesse croissants, de l'heure actuelle.

L'étude d'une nouvelle réglementation des postes radioélectriques privés vient d'être soumise à une commission interministérielle, comprenant des représentants des départements ministériels intéressés (Guerre, Marine, Colonies, Postes et Télégraphes, etc.).

Le Comité technique des Postes et Télégraphes a également été appelé à donner son avis. Le service d'Études et de Recherches techniques des Postes et Télégraphes a recueilli et fourni, en outre, une documentation très complète sur la situation à l'étranger.

D'abord, aux États-Unis d'Amérique, le développement intense, sans ordre ni méthode, de l'usage des communications radioélectriques privées a fait nettement ressortir la nécessité d'une réglementation assez étroite.

Aucun monopole n'a restreint, en Amérique, l'usage privé de la télégraphie et de la téléphonie ordinaires. Il en fut de même, jusqu'à ces derniers temps, pour les communications par ondes hertziennes, et chacun était libre de transmettre à toutes fins utiles, avec n'importe quelle puissance, sur n'importe quel réglage, à tout moment de la journée.

En raison de l'attrait sans cesse croissant des communications hertziennes, le nombre des particuliers émettant des ondes s'accrut avec une rapidité formidable, et atteignit 19.000 dans les premiers mois de 1922.

Ce nombre excessif d'émissions, sans ordre ni méthode, produisit rapidement un brouillage complet de toutes les communications hertziennes, et les usagers américains eux-mêmes, pourtant très attachés à leur liberté d'émission, furent les premiers à reconnaître qu'une réglementation s'imposait, et ils se convainquirent rapidement que seule l'autorité gouvernementale était à

même d'imposer les mesures capables de faire cesser cette situation absolument intolérable pour tous.

Le gouvernement américain confia l'étude de la question à une assemblée technique, la « Radio-Conférence », dont la composition a de nombreux points communs avec le Comité Technique français des Postes et Télégraphes, et les conclusions de cette assemblée, qui seront à coup sûr entérinées par le gouvernement américain, ont été nettement favorables à une réglementation très stricte des communications radioélectriques privées.

La conférence a d'abord été d'avis qu'il importe de n'autoriser l'emploi de la voie hertzienne que pour des communications non susceptibles d'être transmises par fil. Il a paru inadmissible d'encombrer la gamme des longueurs d'ondes d'une multitude de transmissions servant à établir des communications entre deux points fixes terrestres, alors que tout autre moyen peut facilement être employé dans le même but.

De plus, toujours dans le but d'éviter un encombrement d'où résulteraient fatalement des brouillages, il a paru nécessaire d'interdire toute émission de réclames directes. Pour les autres postes émetteurs privés, dont le fonctionnement reste autorisé, une réglementation technique a été envisagée, dans le but de définir le réglage et la portée maximum de chaque poste.

A chaque catégorie de postes est attribuée une bande de longueurs d'ondes, et les postes ne peuvent émettre que sur une onde comprise à l'intérieur de cette bande.

Un maximum de portée est également prévu, obligeant ainsi les postes privés émetteurs de toute nature à n'utiliser qu'une puissance restreinte, ce qui aura pour effet de faire disparaître tout risque de brouillage entre deux postes de même nature suffisamment éloignés.

D'autres dispositions pourront être examinées ultérieurement, toujours dans le but de restreindre les chances de brouillage. Ainsi l'opinion se préoccupe de la gêne pouvant résulter du couplage direct d'une hétérodyne sur l'antenne d'un poste récepteur : les oscillations, amorcées par l'hétérodyne, peuvent être rayonnées par l'antenne et venir ainsi troubler la réception des voisins.

Comme on le voit, les projets américains de réglementation des postes émetteurs privés suppriment de manière absolue la liberté du temps jadis, et une telle suppression, dans un pays qui, par tradition, est fermement hostile à toute intervention de l'État dans le domaine privé, est une preuve éclatante de la nécessité impérieuse de la réglementation.

Dans la plupart des pays d'Europe, la préoccupation d'éviter les brouillages a conduit les gouvernements à envisager des mesures restrictives analogues.

En Angleterre, pays où de nombreuses demandes d'autorisation de transmettre avaient été faites ces temps derniers, le gouvernement n'est nullement disposé à laisser les postes émetteurs privés prendre un grand développement, d'autant plus que la faible superficie du territoire et la grande densité de la population feraient craindre un brouillage particulièrement intense.

Le bien fondé de ces craintes a malheureusement été nettement démontré lors du naufrage du paquebot « l'Egypte », dont les appels de détresse ne purent, tout d'abord, être perçus distinctement par les postes voisins, en raison du grand nombre de communications commerciales échangées sur la même longueur d'onde. Bien que les postes côtiers, dès la perception d'un signal de détresse, eussent imposé silence à tous les autres postes, il s'écoula une quarantaine de minutes avant que les appels de « l'Égypte » eussent pu être perçus avec assez de netteté pour que la position indiquée par ce navire fût comprise, et que du secours dût lui être envoyé.

Aussi le gouvernement anglais a-t-il limité strictement le nombre des postes émetteurs privés, en n'autorisant que l'établissement de quelques postes d'informations, à raison d'un poste de ce genre au centre de chacune des principales régions du pays. L'installation de ces postes fera l'objet d'une véritable concession. Ils fonctionneront sous le contrôle du gouvernement : leurs longueurs d'onde seront bien définies, ainsi que leurs puissances ; ils ne seront autorisés à transmettre que pendant certaines heures, et les nouvelles transmises devront avoir l'agré-

ment du gouvernement et ne comporter aucune réclame d'aucune sorte.

Une redevance annuelle de 10 sh. est en outre instituée, pour l'usage de tout poste de réception privé.

On voit ainsi que l'Angleterre maintient un contrôle très sévère sur les postes émetteurs privés, et, imitant l'exemple de l'Amérique, interdit complètement l'emploi de la voie hertzienne aux communications privées pouvant être échangées par fil.

En Allemagne, le contrôle gouvernemental est encore beaucoup plus sévère : dans ce pays, l'usage des communications radioélectriques est resté presque exclusivement entre les mains du gouvernement, lequel ne songe nullement à s'en démunir au profit des particuliers. Nul poste radiotélégraphique privé d'émission ou de réception, même s'il ne s'agit que d'un appareil récepteur fort simple, ne peut être installé sans une autorisation formelle du gouvernement. Les services de la police ont l'ordre de signaler tout possesseur d'appareils radioélectriques quelconques, et des peines sévères, pouvant comporter l'emprisonnement, sont appliquées à quiconque est convaincu de détenir, sans autorisation, des appareils radioélectriques, même s'il n'en fait pas usage.

En présence de ces exemples, tirés de la situation à l'étranger, on pourrait constituer une réglementation pour la France sur les bases suivantes :

Tout d'abord, trois conditions techniques générales, applicables à l'ensemble des postes émetteurs privés, semblent devoir s'imposer, dans le but de diminuer les risques de brouillage :

1° Obligation, pour tout permissionnaire, de ne transmettre que sur une onde comprise à l'intérieur d'une bande de longueurs d'ondes, qui lui aura été fixée par l'État.

Les postes de même nature, destinés à des trafics similaires, utiliseront des longueurs d'ondes comprises à l'intérieur d'une même bande. Chacune de ces bandes sera choisie de manière à n'empiéter sur aucune des longueurs d'ondes utilisées pour les services publics ou officiels, afin qu'aucune perturbation ne soit à craindre dans le fonctionnement de ceux-ci.

2° Obligation, pour tout permissionnaire de poste radioélectrique, d'assurer d'une manière précise et permanente le réglage de la longueur d'onde de celui-ci.

Il est évident, en effet, que tout réglage défectueux, amenant une variation de la longueur d'onde attribuée au poste, pourrait produire une profonde perturbation dans le service des postes voisins, sur le réglage desquels il se trouverait alors.

Il importe donc que tout usager d'un poste soit mis en mesure d'en assurer le réglage parfait. Une certaine compétence doit dès lors être exigée de chaque permissionnaire ayant un poste émetteur, et l'Administration se trouve ainsi amenée à envisager l'institution d'un certificat de capacité, qui serait délivré par ses soins, après examen, à tout pétitionnaire remplissant les conditions techniques suffisantes. Nul ne serait autorisé à transmettre sans être en possession de ce certificat, ou sans prendre l'engagement de faire assurer le réglage et l'entretien de son poste par un opérateur muni de ce certificat.

Les conditions techniques, imposées pour l'obtention du certificat, comporteraient avant tout la connaissance du fonctionnement et du réglage d'un poste émetteur. En outre, tout pétitionnaire d'un poste radiotélégraphique serait astreint à une certaine connaissance de l'alphabet Morse, y compris les abréviations. Tout pétitionnaire d'un poste radiotéléphonique devrait faire preuve d'une bonne élocution, et d'une certaine pratique des usages téléphoniques.

3° Limitation de la puissance des postes émetteurs privés et de la hauteur des antennes utilisées.

Cette condition a pour but de localiser, dans une région de moyenne étendue, le rayon d'action d'un poste privé. De la sorte, plusieurs postes émetteurs, travaillant sur une même longueur d'onde, mais séparés par une distance supérieure à la somme de leurs rayons d'action, n'arriveront pas à se gêner mutuellement.

La puissance maximum admissible pourrait varier suivant la nature de la transmission envisagée et l'intérêt que celle-ci présente. Dans l'intérêt de tous, la puissance employée par chaque

poste devrait être le plus faible possible, compatible avec le service auquel ce poste est destiné.

On se trouverait donc ainsi conduit à classer les postes émetteurs privés en différentes catégories, suivant la nature de leurs transmissions, et il semble que l'on pourrait les répartir entre 5 catégories :

1° Postes fixes destinés à établir des communications d'intérêt privé, de nature analogue à la correspondance télégraphique ou téléphonique ordinaire.

Dans cette catégorie rentreraient, particulièrement, les postes d'intérêt commercial ou industriel, reliant plusieurs établissements d'une même société.

2° Postes fixes, destinés à l'envoi d'informations, ou de productions artistiques à l'exclusion de toute réclame et dont l'écoute peut être faite par n'importe qui.

3° Postes mobiles, destinés à l'établissement de communications privées.

Tels sont, par exemple, les postes montés sur avions, sur automobiles, sur péniches. Les postes de navires ne rentreraient pas forcément dans cette catégorie, car ils sont habituellement soumis à des règlements internationaux.

4° Postes destinés à des essais techniques radioélectriques.

5° Postes d'amateurs, la qualification d'amateurs pouvant être réservée à des personnes qui n'utilisent pas leur poste dans un but professionnel et qui n'échangent que des correspondances n'ayant aucun caractère d'utilité personnelle.

A chacune de ces catégories de postes émetteurs privés seraient attribuées une bande de longueurs d'ondes et une puissance maximum, dont la mesure serait faite à l'alimentation.

Enfin, en ce qui concerne les postes récepteurs, aucun changement notable ne serait apporté à leur statut. On conserverait l'obligation de la déclaration, ainsi qu'une très légère redevance annuelle.

Afin d'éviter qu'un poste récepteur muni d'une antenne et d'une hétérodyne couplée directement sur celle-ci, ne se comporte comme un véritable petit poste émetteur, et ne fasse

rayonner aux alentours des ondes particulièrement capables de troubler la réception des voisins, on pourrait imposer aux propriétaires d'une hétérodyne de ne se servir de celle-ci qu'en la couplant avec le circuit secondaire de la réception, et non avec l'antenne. Chaque usager d'une hétérodyne serait prié de toujours réduire au minimum la puissance de celle-ci.

Telle serait, dans ses grandes lignes, la voie dans laquelle le Comité technique des Postes et Télégraphes a estimé que pourrait être engagée la radiotélégraphie ou la radiotéléphonie privées.

Destruction de lignes par des tempêtes.

Des dégâts importants ont été subis par les lignes télégraphiques et téléphoniques à la suite de l'ouragan du 8 mars dernier qui a sévi dans le nord de la France. Cet ouragan, d'après l'Office National météorologique, doit être classé parmi les tempêtes exceptionnelles qui n'ont lieu qu'à des intervalles de plusieurs années, mais produisent de véritables désastres : toitures arrachées, constructions écroulées. Ainsi à Saint-Pierre-de-Vauvray, le coffre d'un pont en construction s'est effondré bien qu'il fût établi pour résister à une pression de 250 kg. par mètre carré de surface plane ; dans la région d'Arras un coffre pesant 14 tonnes s'est déplacé et l'on estime à près de 300 kg. par mètre la pression nécessaire pour produire ce déplacement.

Le Comité technique, à qui les rapports concernant ces dégâts ont été soumis, a émis l'avis que seules des lignes en câbles aériens ou souterrains sont de nature à résister sûrement à de telles tempêtes, et que, jusqu'à la construction de lignes en câbles, il y a lieu de renforcer les lignes en fils nus en les construisant aussi basses que possible, par substitution de lignes sur poteaux de 8 mètres armées à 30 cm., aux lignes sur poteaux de 10 mètres armées à 40 cm. La consolidation en alignement droit devra être renforcée. Sur les lignes ne portant pas plus de 60 fils, des appuis en N seront construits tous les 100 mètres ; sur les lignes plus chargées, tous les appuis devront être consolidés.

Destruction de lignes par le givre.

Dans le cas d'une chute considérable de givre, la destruction de la ligne se produit par rupture des fils, qui trop chargés s'allongent et se cassent. Ces fils ne se rompant pas tous en même temps, il arrive que des appuis cèdent, soumis sur un de leurs côtés à un effort trop élevé.

Les chutes de givre sont très fréquentes dans les pays à climats froids ; là encore, le Comité a été d'avis que le seul moyen d'éviter l'interruption des communications par les chutes de givre et les tempêtes de neige est la substitution aux lignes en fils nus, de lignes en câbles, aériens ou souterrains.

Griffe pour manipuler les poteaux.

Le Comité technique a émis un avis favorable à l'emploi d'une griffe pour manipuler les poteaux, imaginée par M. Pierret, chef d'équipe à Paris. Cette griffe se fixe à un manche et est formée de deux demi-cercles en fer, munis de pointes et articulés; elle se fixe au bout d'un manche. Elle permet de saisir les poteaux sur le sol pour la manipulation sur le chantier, ce qui évite l'opération pénible de mise à l'épaule. Elle permet aussi de les faire tourner plus facilement en vue de leur orientation pendant la pose.

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Périodiques en langue française, par M. TAFFIN, Directeur des Postes et Télégraphes. — Périodiques en langues étrangères, par MM. CAUCHIE, Inspecteur des Postes et Télégraphes, et LAVOIGNAT, contrôleur des Postes et Télégraphes.

PÉRIODIQUES EN LANGUE FRANÇAISE.

Le Laboratoire technique des Postes et Télégraphes, par M. J. BOYER (*Nature :* 27 mai 1922). — Parmi tous les *essais télégraphiques, téléphoniques, radiotélégraphiques* et *radiotéléphoniques* auxquels on procède dans le laboratoire technique de l'École supérieure des Postes et Télégraphes, nous allons passer en revue quelques-unes des expériences les plus susceptibles d'intéresser nos lecteurs. Par exemple, une très originale *installation de téléphonie multiple à haute fréquence* (fig. 1) permet à trois personnes de causer en même temps, sur la même ligne, avec trois autres interlocuteurs placés dans un poste d'arrivée éloigné. On voit sur la droite de notre gravure l'émetteur à lampes-audions qui engendre des courants alternatifs de haute fréquence ; à gauche de l'électricien du premier plan, l'amplificateur. De chaque côté de lui, on distingue, un peu en arrière sur la table, les *filtres électriques* placés dans des caisses de bois, recouvertes de cages de Faraday pour éviter les effets d'induction. Ces filtres sont des chaînes de condensateurs et de bobines de self-induction, calculées de manière à laisser passer seulement une gamme bien limitée de fréquences électriques. Le deuxième personnage téléphone à la manière ordinaire, à travers un fil électrique approprié, tandis que son collègue de gauche debout près du mur, cause avec un autre appareil à haute fréquence. A la suite des résultats obtenus au laboratoire on va mettre prochainement ce système en exploitation sur une ligne existante. On compte pouvoir de la sorte, superposer, à la communication habituelle, 4 autres

communications effectuées à l'aide de courants alternatifs de haute fréquence, modulés au départ par des microphones et séparés à

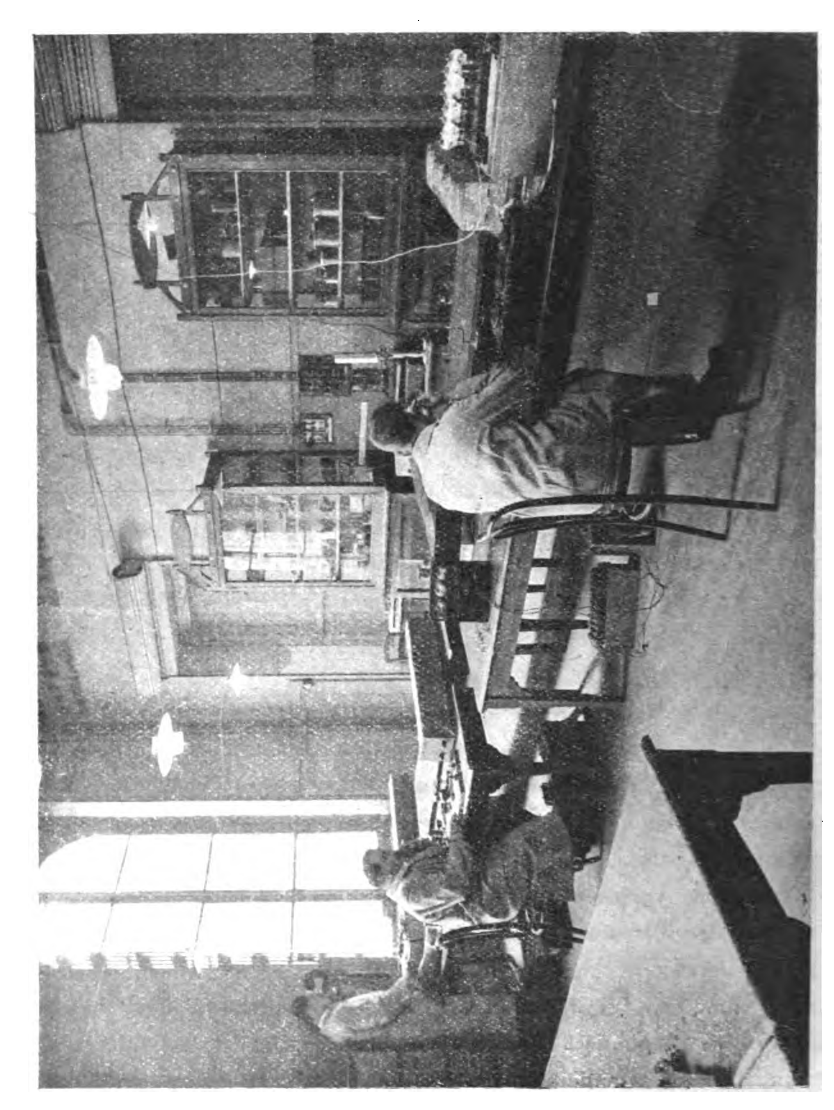


Fig. 1. — Poste de départ d'une installation de téléphonie multiple à haute fréquence. (Ces 3 hommes causent en même temps, sur une même ligne, avec 3 autres personnes se trouvant dans un poste d'arrivée éloigné.)

l'arrivée, grâce à des filtres électriques appropriés puis détectés et amplifiés par des audions. Ces appareils de téléphonie multiple permettront d'augmenter de 400 pour 100 le rendement des lignes téléphoniques existantes.

Les essais de *relais téléphoniques*, effectués chaque jour dans le même laboratoire, n'ont pas une importance moindre. Comme

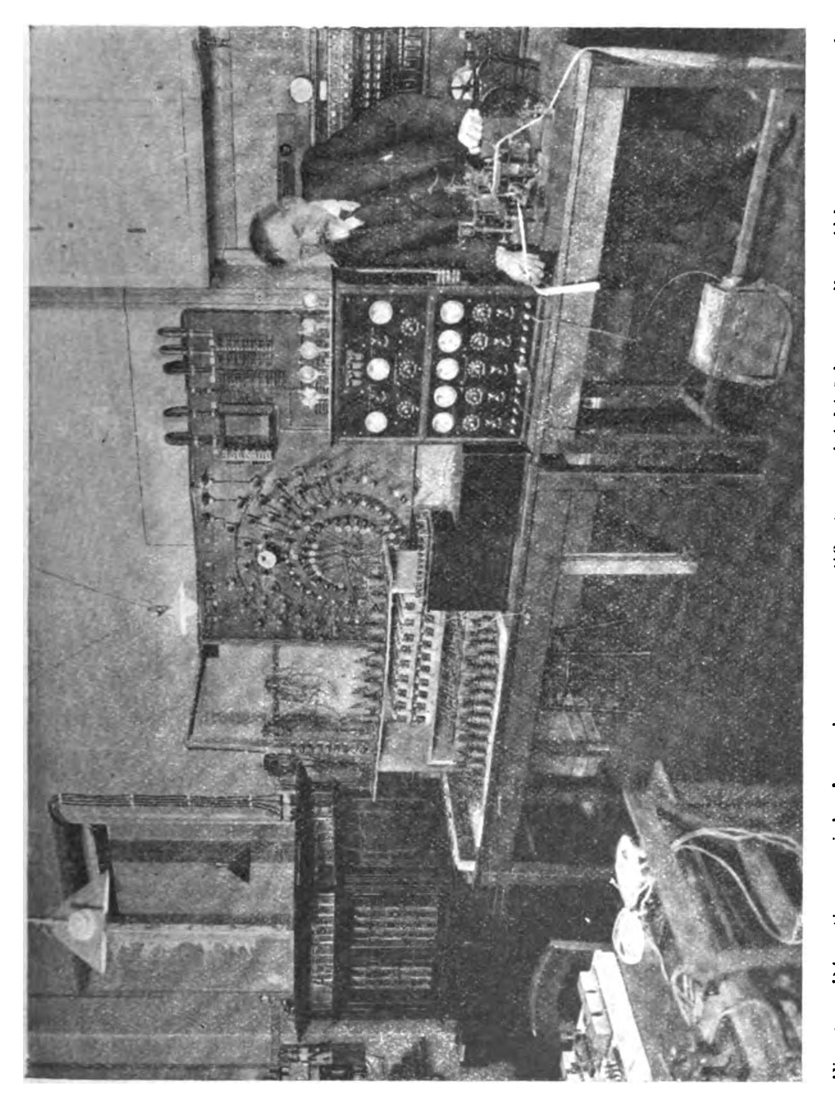


Fig. 2. — Réception au siphon recorder, avec un amplificateur spécial à 5 lampes, d'un câblogramme transmis à travers une ligne artificielle (meuble de gauche), représentant le câble sous-marin Brest-Dakar.

amplificateurs, on utilise les audions montés de façon à retransmettre en l'amplifiant une conversation téléphonique affaiblie par sa propagation le long d'une ligne de grande longueur. Non seulement ces relais téléphoniques rendent possible la conversation à des dis-

tances énormes, mais réalisent encore des économies considérables dans la construction des lignes. Donnons quelques chiffres pour fixer les idées. Un circuit téléphonique en fil de cuivre de 3 mm. de diamètre, muni d'un relais, coûte au total 500.000 francs à l'heure actuelle tandis qu'une ligne, avec fil de 5 mm. sans relais et équivalente au point de vue de l'audition, revient à 1.100.000 francs.

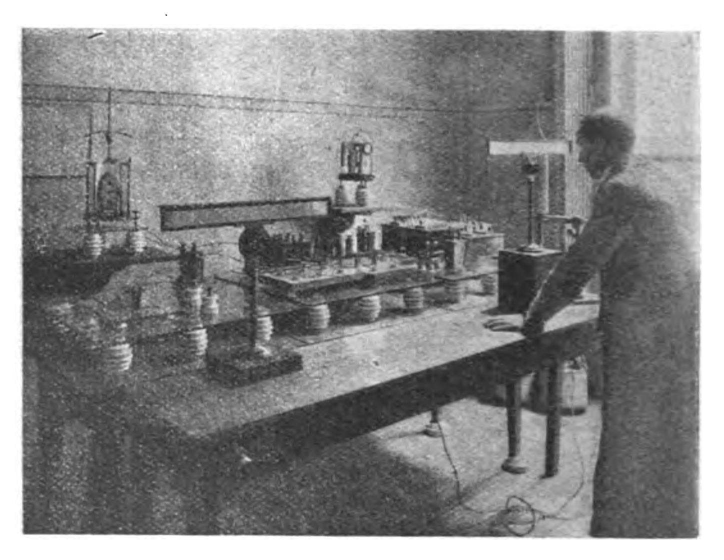


Fig. 3. — Installation pour les mesures d'isolement et de résistances élevées, par la méthode de comparaison, au moyen d'un galvanomètre Thompson.

A la suite de missions accomplies aux États-Unis, le Service d'Études des Postes et Télégraphes a mis également sur pied en 1919 un projet de câble entre Paris-Nancy et Strasbourg avec fils fins en cuivre isolés au papier, placés dans une gaine de plomb et munis de bobines Pupin et de relais amplificateurs. Les conducteurs ainsi agencés amélioreront l'audition de façon considérable et permettront à un Lorrain ou à un Alsacien de causer avec n'importe quelle ville de France.

De même, dans le laboratoire de la rue de Grenelle, on essaie des *amplificateurs spéciaux à 5 lampes* couplées par des résistances et des piles. Ces amplificateurs faciliteront la réception des câblogrammes. On utilise pour ces essais des *lignes artificielles*, com-

posées de résistances et de condensateurs correspondant électriquement aux longs câbles sous-marins Marseille-Alger et Brest à Dakar. La figure 2 représente une de ces installations. L'opérateur se tenant près de l'amplificateur à 5 lampes-audions reçoit au moyen du siphon recorder un câblogramme transmis à travers la ligne artificielle placée à gauche. Un amplificateur de ce genre, appliqué au câble réel Brest-Dakar, a permis d'accroître de 30 pour 100 environ la vitesse de transmission, tout en améliorant la forme des signaux, ce qui augmente, en fait, de 40 pour 100 le rendement commercial. Ces études théoriques ont donc évité la pose d'un deuxième câble qu'aurait nécessité l'exploitation avec les anciens procédés, d'où économie de 10 millions environ !



Fig. 4. — Pont de Rayleigh pour les mesures d'impédances d'appareils téléphoniques, aux différentes fréquences.

Passons maintenant dans la plus grande salle du laboratoire où se font les différentes mesures électriques. Voici le dispositif pour les *mesures d'isolement* et de *résistances élevées*, par la méthode de comparaison, au moyen d'un galvanomètre Thomson (fig. 3). On remarquera que cette méthode dite du *pont de Kelvin* a été ici perfectionnée, que les pieds de table de manipulation et des supports galvanométriques sont parfaitement isolés. L'expérience figurée sur

notre gravure concerne un petit condensateur de poste d'abonné, qu'on aperçoit posé sur un plateau, vers la gauche.

Avec le *pont de Rayleigh* (fig. 4) on mesure les impédances des appareils téléphoniques d'abonnés aux différentes fréquences ; l'expérimentateur est en train de déterminer celle d'un récepteur serre-tête, au cours des essais ; en arrière, on distingue la résistance non inductive étalonnée : devant lui, au premier plan, les bras de proportion du pont et, sous sa main droite, l'étalon de self-induction réglable.

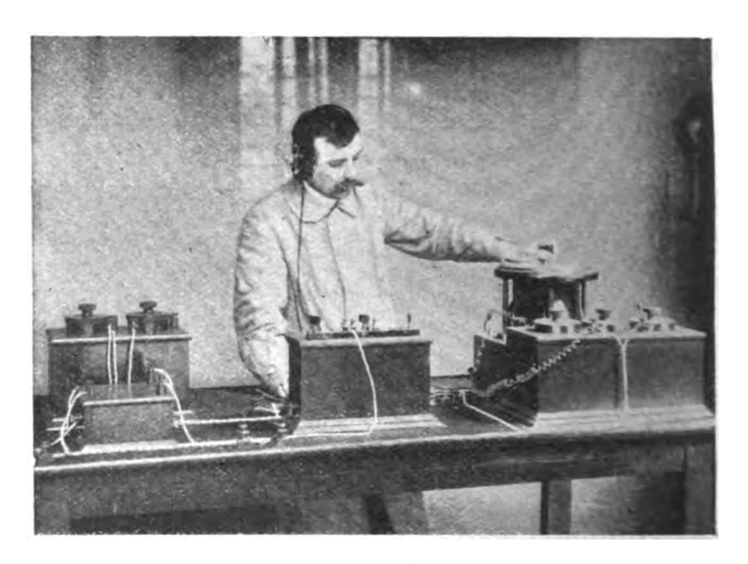


Fig. 5. — Pont de résonance pour les mesures de capacités, d'inductances, de résistances effectives et de fréquences.

De son côté, *un pont de résonance* (fig. 5), installé sur une table voisine, sert à mesurer les capacités, les inductances, les résistances effectives et les fréquences, par la *méthode des résonances*. L'opérateur pose la main sur l'étalon de self-induction réglable tandis qu'il a devant lui l'étalon de capacité réglable, les bras de proportion du pont, et à sa droite une résistance non inductive étalon réglable.

Disons maintenant un mot des *essais téléphonométriques*, qui s'exécutent dans plusieurs pièces du laboratoire. Arrêtons-nous d'abord devant l'installation avec laquelle on mesure *l'efficacité des appareils téléphoniques d'abonnés, des microphones et des récep-*

teurs (fig. 6). L'opérateur a devant lui une ligne téléphonique artificielle réglable, représentant le câble-étalon admis par les administrations européennes et par les compagnies américaines. Il fixe des yeux les trois petites lampes qui lui signalent si l'appareil essayé est aussi bon, pire ou meilleur que le microphone ou le téléphone étalon servant de comparaison. Un de ses collègues, enfermé dans une cabine voisine, écoute dans le récepteur tandis qu'une troisième personne, se tenant dans un autre isoloir, parle alternativement dans l'appareil à examiner et dans l'instrument étalon. L'opérateur règle la ligne jusqu'à l'égalité et d'après la longueur du câble-étalon mise en circuit peut classer les appareils.

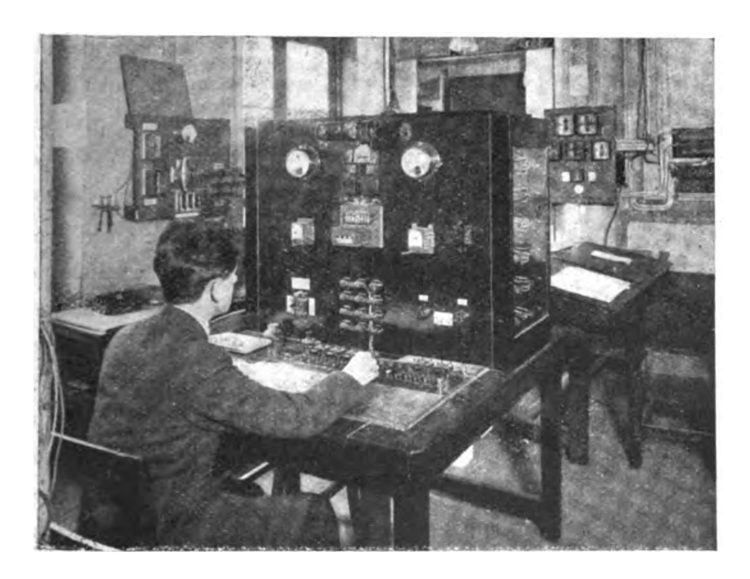


Fig. 6. — Mesure de l'efficacité des appareils téléphoniques d'abonnés, des microphones et des récepteurs.

D'autres techniciens emploient une *cabine feutrée* très silencieuse à doubles parois remplies de débris de liège, pour se rendre compte du *brûlage des microphones* (fig. 7). Après avoir mis un écouteur serre-tête, branché d'un côté sur un rhéostat et relié, d'autre part, aux bornes soit du microphone en essai, soit du microphone type, le téléphoniste s'asseoit dans sa cabine dont il ferme la porte; puis il laisse tomber les tentures d'isolement. La boîte feutrée, ouverte

sur la gravure ci-contre afin de montrer les microphones qu'elle contient, est naturellement fermée hermétiquement pendant les expériences de mesure.

L'homme écoute les bruits très ténus que produisent les étincelles jaillissant entre les granules de charbon d'un microphone, quand on fait varier lentement jusqu'à zéro l'intensité du courant d'alimentation microphonique.

Le dispositif utilisé pour l'examen de l'*effet de Larsen* (fig. 8) est également très original. Expliquons en quoi consiste ce phénomène électrique. Dans l'appareil dit combiné d'un usage courant en France pour les postes d'abonnés, une poignée servant de marche réunit le microphone et le récepteur ; de sorte que ces deux derniers organes possèdent une triple liaison *acoustique* par l'air, *mécanique* par la poignée et *électrique* par les connexions du poste. Il en résulte alors, dans diverses circonstances et de préférence pour certaines fréquences, que des courants parasites s'établissent, puis s'entretiennent entre le microphone et le récepteur ; ils se traduisent par un bruit de sifflement, dénommé *effet de Larsen* dans le langage technique, bruit fort gênant pour les conversations téléphoniques. Afin d'observer et de mesurer cet effet, on ferme un appareil combiné dans la boîte, sise sur la droite de notre photographie (fig. 8). On raccorde les bornes du récepteur et du microphone aux quatre fiches apparentes sur le devant de la caisse ; puis on envoie dans le récepteur du courant alternatif provenant d'un oscillateur à 3 lampes-audions (sorte de générateur hétérodyne de fréquences téléphoniques) posé à gauche sur la même table. Le récepteur agit par l'effet de Larsen sur le microphone dont les courants alternatifs, intensifiés par l'amplificateur à lampes audions (vu à gauche), puis détectés par l'autre lampe (située en arrrière), traversent le galvanomètre Deprez-d'Arsonval qu'on aperçoit derrière la vitrine protégeant l'ensemble de l'installation. La déviation de ce galvanomètre mesure l'effet de Larsen pour la fréquence qui parcourt le récepteur de l'appareil en essai.

L'oscillateur fournit des courants de toutes fréquences entre 200 et 2.500 périodes par seconde. En observant les appareils téléphoniques par cette méthode, on peut obtenir les diagrammes caracté-

ristiques de chacun d'eux. Pour construire les courbes, on porte en abscisses les fréquences, en ordonnées les déviations du galvanomètre. Un bon téléphone doit donner une ligne horizontale coïncidant avec l'axe des abscisses, tandis qu'à un mauvais appareil correspond une courbe sinueuse avec des maxima très élevés et irrégulièrement espacés.

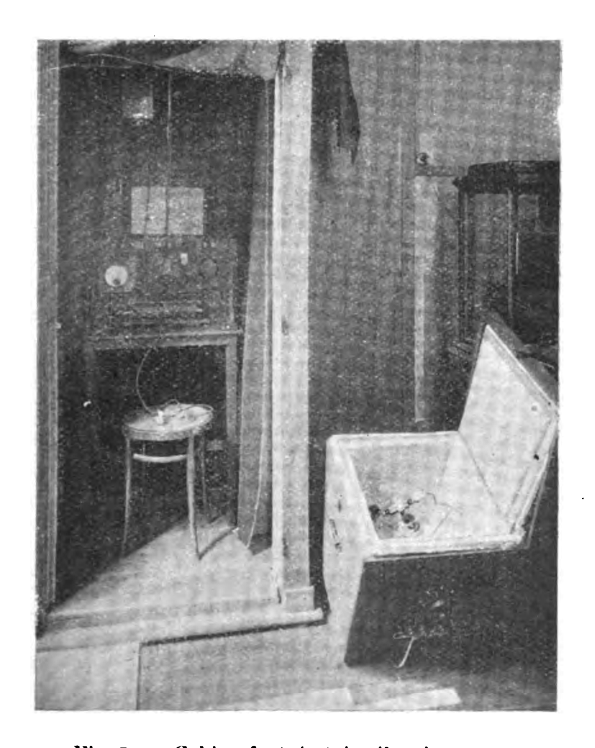


Fig. 7. — Cabine feutrée très silencieuse pour les essais de brûlage des microphones.

Parmi les autres recherches récentes des techniciens de l'Administration des Postes et Télégraphes, signalons encore l'adaptation à la télégraphie *des redresseurs à vapeur de mercure Cooper-Hewitt* ou *des redresseurs à lampes système Tungar* dont les filaments de tungstène se trouvent noyés dans une atmosphère d'argon, de manière à fonctionner comme des valves Fleming de grand débit. Des installations de ce genre, étudiées au laboratoire, ont permis de supprimer les piles télégraphiques des bureaux de Brest et de

Moulins où les appareils rapides (Baudot et Hughes) sont alimentés directement par des courants alternatifs de secteurs industriels convenablement redressés.

Le laboratoire technique des Postes et Télégraphes ne reste pas plus étranger au progrès de la *téléphonie sans fil*. Dans cet ordre d'idées, il entreprend, à présent, une suite d'expériences. Avec sa collaboration et celle de la Radiotélégraphie Militaire, le Service de la T. S. F. de l'Administration établit une communication de télégraphie sans fil entre Nice et Ajaccio, qu'on raccordera ultérieurement à la ligne de Paris-Nice au moyen de relais téléphoniques spéciaux ; cela permettra de causer entre Paris et Ajaccio partie sans fil, partie avec fil. Les dispositifs radiotéléphoniques utilisent les montages à couplage par transformateurs à fer qui ont été étudiés par les officiers et ingénieurs de la Radiotélégraphie militaire. Une fois cette première étape achevée, on réalisera une communication

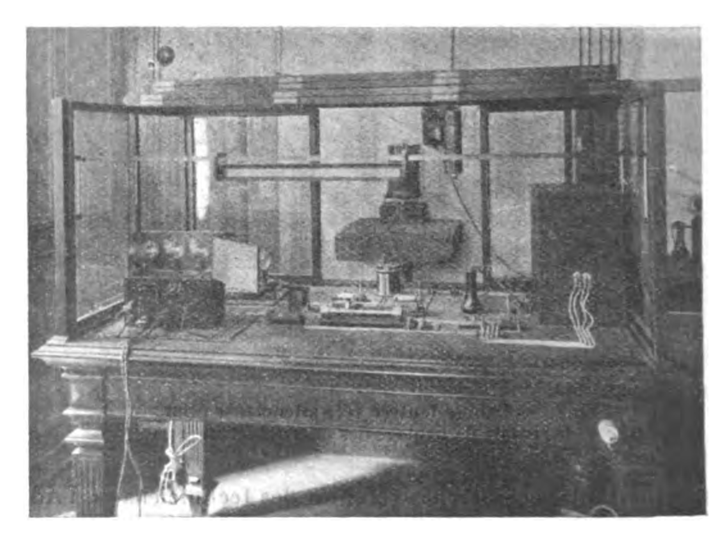


Fig. 8. — Installation pour la mesure de l'effet de Larsen, dans un appareil téléphonique à microphone et récepteur combinés.

analogue entre Paris et Alger. D'autre part, on a mis au point, dans le laboratoire, des *postes récepteurs radiotéléphoniques* qui, placés dans les principaux bureaux de province, feront entendre aux abonnés, par leur ligne téléphonique habituelle, les concerts et autres messages de la Tour Eiffel.

Avec le concours de M. Abraham, professeur à la Sorbonne, le laboratoire a fait faire aussi un grand pas à la *radiotélégraphie imprimée*. Ce système rend possible dès maintenant l'utilisation directe en T. S. F. des appareils Baudot ; grâce à lui, on a pu atteindre une vitesse de transmission commerciale de 720 lettres par minute alors qu'avec les procédés de manipulation ordinaire et de lecture au son, on ne dépasse qu'exceptionnellement les 100 lettres à la minute.

Enfin, et nous terminerons par là cet exposé bien incomplet de l'œuvre considérable accomplie depuis 1919 par les techniciens émérites de la rue de Grenelle, le laboratoire s'occupe du choix d'un *téléphone type* pour tous les abonnés.

Il existe actuellement, en France, une grande multiplicité d'appareils ne possédant ni la même efficacité de transmission, ni la même sensibilité de réception, ni la même netteté d'articulation. Aussi, dans les communications interurbaines, les employés n'ont jamais la certitude de recevoir nettement le numéro demandé pas plus que l'appelant ne sait si ses paroles arriveront jusqu'aux oreilles de ses correspondants.

D'autre part, cette diversité complique les travaux d'entretien et oblige à emmagasiner un nombre infini de pièces séparées. Jusqu'ici toutes les tentatives d'unification échouèrent, car l'administration ne disposait pas d'installations de mesures d'une valeur scientifique indiscutable permettant d'affirmer que tel appareil est meilleur dans son ensemble que tous les autres. Il fallait, en effet, pour formuler de telles appréciations, se placer, tour à tour, aux différents points de vue intéressant les services urbains et interurbains. Aujourd'hui les installations téléphoniques, ci-dessus décrites, ont comblé cette lacune. Aussi bientôt s'ouvrira un concours entre les constructeurs afin de déterminer le type réglementaire, que devront utiliser tous les abonnés des réseaux manuels ou automatiques. Le jour où cet appareil idéal aura reçu l'estampille officielle, le service des téléphones français fonctionnera sans doute beaucoup mieux.

Galvanomètre acoustique pour la mesure de petits courants alternatifs (Extrait de la *Revue scientifique* ; n° 8,



1922, page 270). — Un fort ingénieux appareil vient d'être créé par MM. Watson et Ham pour la mesure de courants alternatifs de l'ordre de 10^{-8} ampères. Le principe de la méthode est l'emploi des ondes stationnaires qui se produisent dans un tube cylindrique plein d'air pour faire tourner un équipage mobile portant le miroir du galvanomètre.

Le courant alternatif à mesurer traverse un récepteur téléphonique haut parleur, dont la lame vibrante forme le fond d'un cylindre, fermé à son autre extrémité par une plaque de verre. Dans ce tube est suspendu par un fil de quartz un disque de Rayleigh, dont le plan fait un certain angle avec l'axe du tube.

Lorsque le système d'ondes stationnaires s'établit dans ce résonateur, le disque tourne d'un certain angle, qui dépend de l'intensité des vibrations sonores, et par conséquent de l'intensité du courant. Le disque en tournant dévie un faisceau de rayon lumineux entrant par la lame de verre et renvoyé à travers celle-ci sur une échelle graduée en millimètres.

Pour une fréquence de 510 vibrations par seconde, un courant de $5{,}7 \times 10^{-8}$ ampères produit sur l'échelle une déviation de 1 m/m. L'appareil peut, naturellement, être construit de façon à mesurer des courants plus intenses. On peut aussi s'en servir pour remplacer l'oreille dans certaines recherches acoustiques.

PÉRIODIQUES EN LANGUES ÉTRANGÈRES

Décharges de condensateur à travers un circuit gazeux non spécifique (C. P. Steinmetz, *J[l] of the Am. Inst. of Electr. Engineers* : mars 1922). *Considérations générales.* — Une modification quelconque des conditions électriques d'un circuit (que cette modification soit *intérieure*, c'est-à-dire produite par une variation de la charge, par une manœuvre de mise en marche ou de commutation, par des courts-circuits, où qu'elle soit *extérieure*, c'est-à-dire due à un coup de foudre par exemple) entraîne une nouvelle répartition de l'énergie électromagnétique et électrostatique latente du circuit ; c'est ce qu'on appelle l'état transitoire. Cet état présente les caractères d'une décharge de condensateur à travers un circuit



inductif. Ce phénomène de décharge est donc du plus haut intérêt pour les ingénieurs, car c'est à lui principalement que sont dus les troubles occasionnés dans les circuits électriques par les surtensions et les hautes fréquences.

La décharge de condensateur a pris une importance toujours plus grande en raison du développement de la science des communications sans fil — guidées ou non —, sauf peut-être en ce qui concerne les stations à grande puissance qui utilisent des alternateurs à haute fréquence ; pour les stations moins puissantes, l'énergie rayonnée est produite par une décharge de condensateur à travers le circuit inductif, sous formes d'ondes amorties ou d'ondes entretenues. Dans les systèmes à ondes entretenues, le circuit où se produit la décharge est couplé à la source d'énergie (batterie d'accumulateurs) de telle façon que, sans influer sur la nature de l'oscillation, une énergie suffisante soit appliquée au circuit pour entretenir l'oscillation, de même que dans une horloge, le pendule est couplé à la source d'énergie mécanique (poids ou ressort) en vue d'éviter l'amortissement des oscillations.

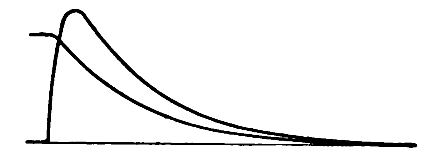


Fig. A.

Donc, la décharge de condensateur à travers un circuit inductif est bien un des phénomènes les plus importants que les ingénieurs électriciens sont appelés à observer fréquemment. On trouve, dans tous les manuels déjà vieux, les équations classiques de la décharge de condensateur à travers un circuit inductif : si la résistance ohmique r du circuit est supérieure à une valeur critique $r_0 = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$, la décharge est unidirectionnelle et non oscillatoire, c'est-à-dire que la tension et le courant vont s'affaiblissant graduellement sans changer de sens, puis deviennent nuls après un temps indéterminé comme le montre la figure A (courbe dans le cas où $r = 1,5 \times r_0$).

Si r est inférieure à la valeur critique r_0, la décharge est oscillatoire, c'est-à-dire que la tension et le courant accomplissent une série d'oscillations dont l'amplitude diminue de plus en plus, mais dont la fréquence est invariable, chacune des demi-ondes étant inférieure à la précédente d'une même quantité déterminée, jusqu'à ce qu'après un nombre de demi-ondes théoriquement infini, le courant et la tension deviennent nuls, comme l'indiquent les figures B et C. La courbe de la figure B s'amortit rapidement parce qu'en ce cas la résistance du circuit est légèrement inférieure à la résistance critique $(r = \frac{1}{2} r_0)$. La courbe de la figure C décroît lentement car la résistance du circuit est très faible $(r = \frac{1}{01} r_0)$; l'oscillation est sensiblement entretenue. Les demi-ondes du courant et de la tension n'ont pas une allure rigoureusement sinusoïdale ; elles ont pour expression le produit d'une onde sinusoïdale par une exponentielle, en raison de l'effet d'amortisssement dû à la résistance ; donc la première partie de chaque demi-onde est plus grande que la dernière, et le maximum n'est pas au milieu, mais bien en avant du milieu, comme on peut s'en rendre compte sur la figure B.

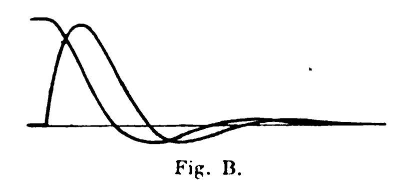


Fig. B.

Mais ces équations classiques de la décharge de condensateur ne conviennent que si la résistance du circuit est constante ou sensiblement telle, c'est-à-dire lorsque la déperdition d'énergie se produit en totalité dans une résistance métallique ou électrolytique, ou, en d'autres termes, dans une résistance qui absorbe une tension proportionnelle au courant et dans laquelle, par conséquent, la chute de tension devient nulle lorsque le courant tombe à zéro. Donc, ces équations classiques ne sont pas applicables, même par approximation, lorsque la résistance du circuit n'est pas constante mais varie comme le courant ; tel est le cas pour un circuit gazeux (distance

explosive, tube à vide, etc...) Il est rare que la décharge de condensateur à travers un circuit inductif ne comprenne pas un circuit gazeux, au moins comme partie de la résistance qui absorbe une certaine quantité de l'énergie.

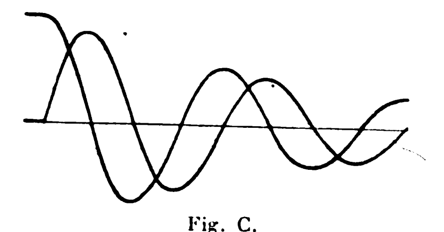


Fig. C.

La méthode usuelle de production d'une décharge de condensateur à travers un circuit inductif consiste à charger progressivement le condensateur jusqu'à ce que la tension soit suffisamment élevée pour que le courant franchisse la distance explosive (éclateurs tournants, ou éclateurs amortisseurs de la T. S. F. par ondes amorties par exemple) : la décharge s'effectue alors dans le circuit inductif. Lorsqu'en temps d'orage on constate des troubles sur les réseaux électriques, ou encore lorsqu'on enregistre des surtensions dues à des causes extérieures, il se produit presque toujours une étincelle sur le circuit. En général, c'est dans le paratonnerre destiné à protéger les lignes. Lorsque les ondes radiotélégraphiques sont entretenues, il existe un tube à vide dans le circuit. Le parcours de la décharge atmosphérique entre deux nuages voisins, ou entre les nuages et la terre, est situé entièrement dans l'air; les tensions et courants qui sont induits alors dans les lignes de transmission ont la forme de l'onde de l'éclair ; ce n'est pas celle donnée par les formules classiques. Une décharge de condensateur sans parcours gazeux, comme celle provenant de la charge statique d'un fil de terre aérien libérée à la suite de la décharge d'une nuée, est un cas plutôt rare. Il est évident que plus la fraction d'énergie absorbée par la décharge de condensateur est considérable, plus les équations de la décharge diffèrent des formules classiques, en sorte que si ces dernières fournissent une approximation suffisante lorsque le parcours gazeux n'est qu'en partie responsable de l'absorption de l'énergie

totale, elles deviennent absolument inutilisables dans le cas contraire. En raison de l'importance que présente, pour l'industrie électrique, la décharge de condensateur à travers un circuit inductif et en raison du nombre relativement faible des travaux publiés jusqu'ici sur les équations générales d'une décharge de condensateur à travers une résistance non-ohmique, il nous a semblé utile d'approfondir la question.

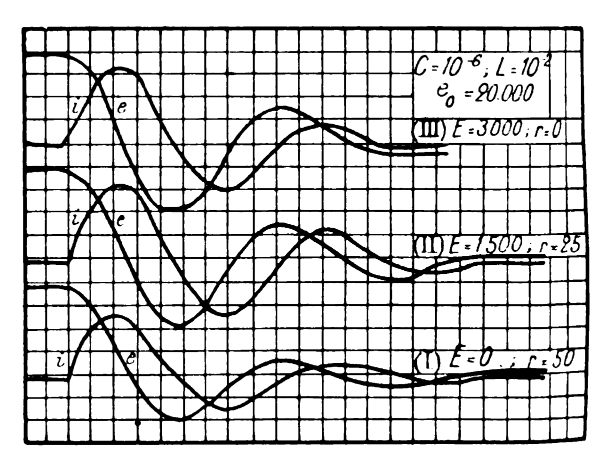


Fig. 1.

Lorsqu'on a affaire à une résistance non-ohmique, c'est-à-dire à une résistance qui varie comme le courant, il est préférable d'ordinaire d'abandonner le terme « résistance » et de le remplacer par le rapport entre le courant i et la tension E. Ainsi, les équations différentielles générales du problème sont dérivées des équations classiques en ajoutant un terme E qui représente la chute de potentiel à travers le milieu gazeux, ou, d'une façon générale, à travers la résistance non-ohmique. Le voltage E est fonction du courant i et souvent aussi du temps t — lorsqu'il se produit un retard de la résistance effective, c'est-à-dire une dissymétrie entre le courant augmentant et le courant décroissant. Comme i est également une fonction du temps, E est fonction du temps; on peut donc l'exprimer au moyen d'une série de Fourier (multipliée par une exponentielle). On obtient ainsi une équation différentielle générale, qu'on peut intégrer par le produit de la fonction exponentielle et de la série de Fourier

et alors les constantes de l'équation intégrale — constantes d'intégration et coefficients indéterminés des séries de Fourier — découlent des conditions limites, c'est-à-dire des valeurs du courant et de la tension du condensateur au temps zéro, et du rapport entre E et i dans le milieu gazeux, en d'autres termes, de la caractéristique volt-ampère du parcours gazeux.

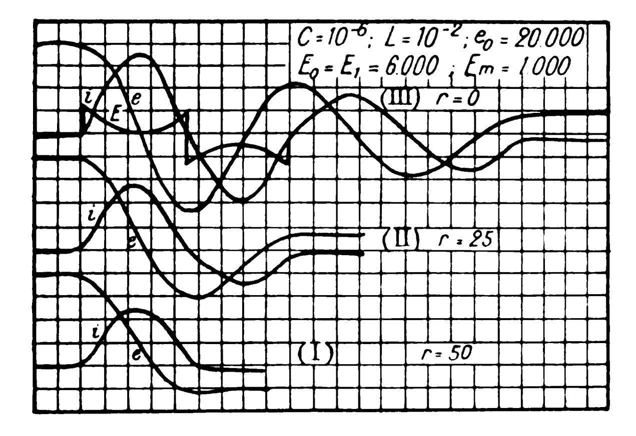


Fig. 2.

Les caractéristiques générales du passage du courant à travers un circuit gazeux (arc, éclateur, tube à vide, etc...) sont les suivantes : la résistance effective n'est pas constante ; elles varie avec le courant, diminue lorsqu'il augmente d'intensité et devient infinie pour un courant nul. Si l'on considère le rapport entre le courant et la chute de potentiel, c'est-à-dire la caractéristique volt-ampère du parcours dans le gaz — ce qui, pour des circuits de ce genre, est de beaucoup préférable — le courant n'est pas proportionnel à la tension ; de plus, jusqu'à ce que soit atteinte une tension déterminée E_1 (tension d'ionisation ou tension disruptive du parcours gazeux) aucun courant ne circule, sauf toutefois un courant ionique négligeable. Alors, le courant commence, et lorsqu'il augmente d'intensité, la chute de potentiel à travers le parcours gazeux demeure sensiblement constante (voir oscillogrammes 1 et 2 se rapportant à un tube à vide peu poussé), c'est-à-dire que la résistance effective décroît en raison inversement proportionnelle de l'intensité du courant, ou bien cette chute de

potentiel diminue quand le courant augmente (voir oscillogramme 3 : tube à vide très poussé), c'est-à-dire que la résistance effective décroît plus qu'en raison inversement proportionnelle de l'intensité du courant. Lorsque le courant diminue, la chute de potentiel augmente de nouveau, jusqu'à atteindre la valeur limite E_2 pour un courant nul. (E_2 est en général plus petit que E_1). Lorsque le courant change de sens, la chute de potentiel à travers le circuit gazeux change brusquement ; elle passe de E_2 à $-E_1$, c'est-à-dire qu'il se produit un écart égal à $E_1 + E_2$, ainsi qu'on peut le voir sur les oscillogrammes.

Il ne peut se produire dans le condensateur aucune variation brusque de la tension, car il en résulterait une variation instantanée de la charge du condensateur, et par suite un courant infini. Donc, pour un courant nul, la variation de la chute de potentiel à travers le parcours gazeux doit être neutralisée par une variation instantanée, égale mais opposée, de la tension d'inductance, et comme celle-ci est proportionnelle à la vitesse de variation du courant, cette dernière, c'est-à-dire l'allure de l'onde électrique doit varier brusquement dans le cas d'une inversion du courant. Donc, toutes les fois qu'il se trouve dans le circuit un entrefer, l'allure de l'onde varie brusquement quand le courant est nul, comme on peut le voir sur les oscillogrammes et comme l'on avait constaté souvent déjà sans en avoir bien compris la raison. Toutefois, les ondes de la tension et du courant doivent rester continues.

Comme il n'est pas possible de comprendre une solution de continuité dans l'intégration, les équations générales de la décharge de condensateur à travers un circuit comprenant un parcours gazeux ne sauraient être appliquées qu'à chacune des demi-ondes électriques. Il en résulte l'impossibilité de trouver une série d'équations pour représenter l'ensemble de la décharge ; mais, pour toute demi-onde du courant de décharge, une nouvelle série de formules convient comme on le verra plus loin. En général, les équations relatives au courant et à la tension de décharge ont toutes la même forme, mais les constantes varient pour chacune des demi-ondes. Celles de la première demi-onde sont dérivées des conditions limites initiales, c'est-à-dire des valeurs du courant et de la tension du condensateur

au début de la décharge. Les constantes de la seconde demi-onde sont dérivées des valeurs définitives à la fin de la première demi-onde, considérées comme valeurs initiales de la seconde demi-onde, et ainsi de suite.

Etant donné que la fréquence est l'une des constantes dérivées des conditions limites, les différentes conditions des demi-ondes successives peuvent donner des valeurs différentes de la fréquence pour les diverses demi-ondes d'une même décharge. Tel est le cas ; et, la fréquence (c'est-à-dire la durée des demi-ondes successives) n'est pas la même : elle décroît. En d'autres termes, la durée des demi-ondessuccessives, (la longueur d'onde), augmente, spécialement vers la fin de la décharge ; on le voit très bien sur les oscillogrammes. Cette augmentation de la longueur d'onde peut être considérable : elle atteint 25 à 30 pour cent pour la dernière demi-onde dans quelques cas cités plus loin. Ce fait a une grande importance pour la radiotélégraphie par ondes amorties ; il limite la précision de l'accord possible.

Lorsque le circuit comprend un parcours gazeux, qui exige un voltage déterminé E_1 pour que le courant commence à passer, la décharge a lieu si la tension initiale e_0 du condensateur est supérieure à E_1 ; si e_0 est inférieure à E_1, aucune décharge ne se produit. Les équations classiques relatives à la décharge de condensateur indiquent toujours une décharge, quelle que soit la valeur de la tension e_0 du condensateur.

Il s'ensuit encore que la décharge de condensateur à travers un circuit gazeux ne peut avoir qu'un nombre limité de demi-ondes, et non un nombre indéterminé de valeurs allant en décroissant petit à petit comme l'indiquent les équations classiques. Pour chaque demi-onde successive de décharge, la tension e du condensateur est plus faible que celle de la demi-onde précédente, en raison de la perte d'énergie dans le circuit ; par suite, après un nombre déterminé de demi-ondes, la tension e doit tomber au-dessous de la tension E_1 nécessaire pour que le courant commence à franchir le parcours gazeux ; la décharge cesse alors brusquement ; il reste dans le condensateur une tension déterminée e, donc une charge. Les oscillogrammes comme les calculs montrent qu'elle peut être de même

sens que la charge initiale e_0, ou de sens contraire. Donc, la décharge de condensateur dans un circuit gazeux consiste en un nombre déterminé de demi-ondes après lesquelles le phénomène cesse brusquement ; le condensateur est déchargé incomplètement, il y reste une certaine tension et une certaine charge *résiduelles.* Plus le nombre de demi-ondes est petit, plus la dissipation d'énergie est grande et plus la tension du condensateur décroît rapidement, de sorte que si la dissipation est très prononcée, il peut ne se produire qu'une demi-onde électrique ; on le verra plus loin. Dans ce cas, la décharge ne s'effectue que dans un seul sens, mais elle diffère de la décharge non oscillatoire des équations classiques, en ce sens que le courant tombe brusquement à zéro et qu'il reste une certaine tension dans le condensateur, alors que d'après les équations classiques, le courant et la tension disparaissent tout à fait graduellement.

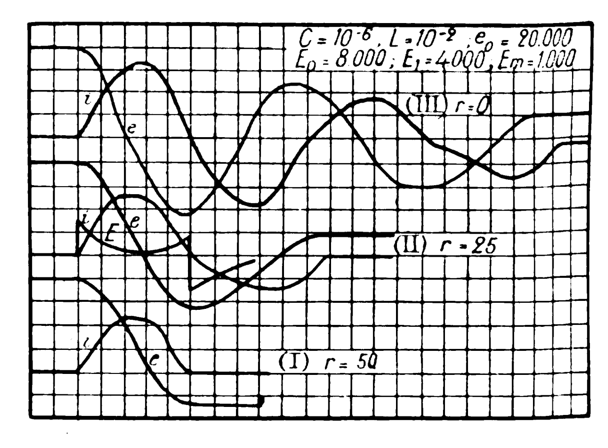


Fig. 3.

Le cas le plus simple est celui d'une décharge à travers un circuit inductif, de résistance ohmique négligeable, mais renfermant une portion gazeuse dans laquelle la force contre-électromotrice est constante. Le parcours gazeux agit alors comme une force contre électromotrice constante. Si l'on appelle e_0 la tension initiale du condensateur, le courant de décharge est celui de la tension résultante (e_0 — E) à travers un circuit inductif de résistance négligeable ; il

est donc d'allure sinusoïdale. A la fin de la première demi-onde la tension résultante change de signe ; elle est égale à — $(e_0 — E)$; E étant la force contre-électromotrice du parcours gazeux, on a : — $(e_0 — E) + E$, ou — $(e_0 -- 2 E)$ dans le condensateur. La deuxième demi-onde de décharge est également une sinusoïde, mais elle débute à une tension de — $(e_0 — 2 E)$ dans le condensateur, c'est-à-dire à une tension inférieure de 2 E à la tension à laquelle la première demi-onde a commencé. Donc la tension résultante est égale à — $(e_0 + 2E)$ — E, c'est-à-dire à — $(e_0 + 3 E)$ puisque pendant la seconde demi-onde — E est la force contre-électromotrice du parcours gazeux. Dans ce cas, il ne se produit aucune atténuation durant la demi-onde, mais toutes les demi-ondes sont des sinusoïdes, et la totalité de l'atténuation due à la déperdition d'énergie sur le parcours gazeux, se produit par intermittence lors des inversions de courant en raison de ce que les demi-ondes successives du courant et de la tension sont toujours plus faibles d'une quantité constante, quantité fonction de 2 E, solution de continuité de la tension au moment de l'inversion du courant.

Il est donc intéressant de noter que quelle que soit l'importance de la dissipation d'énergie dans le parcours gazeux, c'est-à-dire de la résistance effective de la section gazeuse, elle n'a pas pour effet de rendre la décharge non oscillatoire ; au contraire, la décharge à travers un parcours gazeux est toujours oscillatoire quelque élevée que soit la déperdition d'énergie. Ainsi, une décharge atmosphérique doit toujours être oscillatoire bien que, si la dissipation d'énergie est très rapide (comme c'est le cas pour les derniers filets d'une décharge par choc en retour) il peut arriver que l'oscillation se résume en une demi-onde (voir fig. 2 (I) et 3 (I).

Une décharge de condensateur de ce genre, ayant une force contre-électromotrice constante E, ne devient non oscillatoire que s'il se trouve dans le circuit, outre le parcours gazeux, une résistance ohmique r plus grande que la résistance critique r_0 des équations classiques. Des oscillogrammes de ce type sont reproduits en III sur la figure 1 (cas d'une résistance ohmique négligeable) et en II sur la même figure (cas où le circuit de décharge comprend à la fois une portion gazeuze et une résistance ohmique appréciable).

Considérons un circuit gazeux (voir oscillogramme 3) dans lequel la chute de potentiel décroît lorsque l'intensité du courant augmente, c'est-à-dire qu'on a un maximum E_1 pour un courant à zéro et un mininum E_m lorsque l'intensité du courant est maxima ; donc, au commencement de chaque demi-onde, le courant commence à l'allure d'une décharge sinusoïdale de la tension de condensateur e_0 avec une force contre-électromotrice E_1, mais lorsque le courant augmente, la force contre-électromotrice décroît, et cela d'autant plus que la différence entre E_m et E_1 est plus grande, et, par suite, la tension résultante (e — E) augmente. En d'autres termes, le courant augmente plus rapidement qu'il le ferait pour une onde sinusoïdale (c'est tout

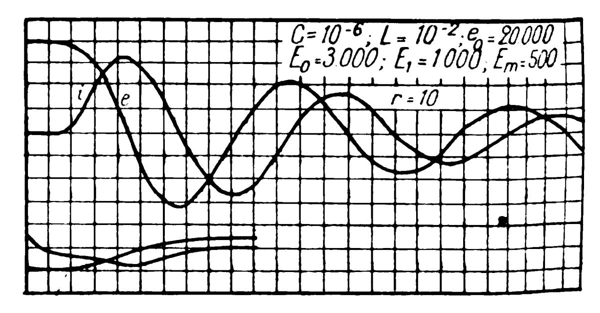


Fig. 4.

le contraire d'après les équations classiques), de sorte que la première partie d'une demi-onde électrique est plus faible que la seconde partie, et que le maximum du courant a lieu au delà de la moitié de la demi-onde. Ce qui revient à dire que chacune des demi-ondes a le caractère d'une oscillation cumulative, et l'exposant de l'exponentielle est positif. (De telles ondes de décharge sont impossibles avec les équations classiques.) Donc, dans le cas d'un parcours gazeux avec une chute de potentiel à double crête, il se produit un affaiblissement lors de l'inversion de courant et cet affaiblissement a pour effet de rendre la demi-onde suivante plus faible que la demi-onde précédente ; mais, dans la demi-onde qui suit, il se produit un effet cumulatif, et sa valeur s'en trouve à nouveau relevée. Evidemment, l'effet cumulatif provenant de la différence E_1 — E_m, est plus petit que l'affaiblissement produit par E_1 ; il en résulte évidemment une

réduction de la décharge, mais dans une proportion moindre par rapport à l'effet de E_1.

En d'autres termes, au moment où le courant change de sens, il se produit un affaiblissement plus important que celui qui correspond à la dissipation de l'énergie dans le circuit, et pendant la demi-onde suivante, il se produit un effet cumulatif qui restitue de l'énergie et qui réduit l'affaiblissement à celui qui correspond à la dissipation de l'énergie. L'effet est alors comparable à celui qui se produit pour une décharge à travers un circuit ayant une force contre-électromotrice constante E_1 est une résistance négative. Il est intéressant de remarquer qu'on peut intercaler, sur un tel circuit, une résistance ohmique r, égale ou plus grande que la résistante critique r_0 des équations classiques, sans que pour cela la décharge cesse d'être oscillatoire. Elle ne cessera de l'être que si la résistance ohmique, en série avec le parcours gazeux, est plus grande que la somme de la résistance critique r_0 et de la résistance négative apparente du parcours gazeux.

Les figures 2 (III) et 3 (III) se rapportent au cas d'une résistance ohmique négligeable et, les figures 2 (I) et 2 (II), au cas où le circuit renferme à la fois une résistance ohmique, c'est-à-dire constante, et un parcours gazeux.

La valeur maxima, que la résistance négative du parcours gazeux peut atteindre, est égale à la résistance critique r_0.

La méthode générale d'intégration dont il a été parlé s'applique non seulement à des circuits symétriques, c'est-à-dire à des circuits gazeux dans lesquels la chute de potentiel lorsque le courant augmente est la même que lorsqu'il décroît, mais encore à des circuits gazeux asymétriques, c'est-à-dire dans lesquels la chute de potentiel est différente lorsque le courant décroît et lorsqu'il augmente, la variation étant toutefois moins accentuée dans le premier cas. (Voir figures 1 et 2 : décharges symétriques, et figures 3 et 4 : décharges non symétriques). Du fait que l'intégration est progressive (on procède par demi-onde), la méthode convient également pour les circuits gazeux dits « à sens unique », c'est-à-dire pour ceux ayant une chute de potentiel différente suivant que le courant passe dans un sens ou dans l'autre (la différence est parfois très accentuée) ; tel est le cas

d'un tube à vide, dont une électrode est chauffée et l'autre froide, etc..., ou encore des circuits dits « redresseurs ». On trouvera des exemples de ce genre reproduits sur la figure 5.

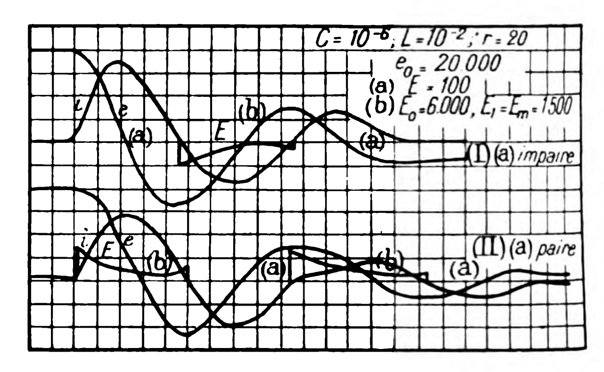


Fig. 5.

En résumé, la décharge de condensateur à travers un circuit inductif de résistance ohmique négligeable mais comprenant une portion gazeuse est toujours oscillatoire.

L'oscillation consiste en un nombre déterminé de demi-ondes d'autant moins nombreuses que la dissipation d'énergie dans la portion gazeuse est plus grande.

L'oscillation cesse brusquement, en laissant dans le condensateur une tension et une charge déterminées, qui peuvent être de même sens (ou de sens contraire) que la tension initiale.

La fréquence des demi-ondes successives n'est pas constante ; elle va en décroissant, c'est-à-dire que la longueur d'onde diminue d'une demi-onde à l'autre. Si la chute de potentiel à travers la section gazeuse est constante, l'onde de décharge est une sinusoïde pure. Dans un circuit à résistance ohmique négligeable, la diminution des demi-ondes successives est uniforme.

Dans un tel circuit, la décharge est non oscillatoire s'il existe, en dehors du parcours gazeux, une résistance ohmique supérieure à la résistance critique des équations classiques.

Si la chute de potentiel à travers la portion gazeuse décroît lorsque le courant augmente, les ondes de décharge sont cumulatives, c'est-à-dire que le courant augmente durant chacune des demi-ondes, et

l'affaiblissement de l'onde est occasionné par l'amplitude des demi-ondes successives produites lors de l'inversion du courant, mais l'exposant de l'exponentielle est positif.

Un pareil circuit se comporte comme la combinaison d'une force contre-électromotrice constante avec une résistance négative.

La décharge dans un circuit de ce genre devient non-oscillatoire seulement si, outre le parcours gazeux, il renferme une résistance ohmique plus grande que la somme de la résistance critique des équations classiques plus la résistance négative du circuit gazeux.

La décharge de condensateur à travers un circuit inductif comprenant à la fois une résistance ohmique et un parcours gazeux, est intermédiaire entre la décharge dans un parcours exclusivement gazeux et les équations classiques de la décharge de condensateur ; toutefois, elle conserve les caractéristiques de la décharge dans un circuit gazeux : nombre limité de demi-ondes, charge résiduelle du condensateur, diminution de la fréquence et souvent changement de signe de la constante d'affaiblissement.

Bobines Pupin avec noyaux en poudre de fer comprimée (*E. T. Z.* : décembre 1921). — Jusqu'à ces dernières années, on ne s'était occupé qu'au point de vue purement théorique, des propriétés magnétiques de la poudre de fer agglomérée ; mais, depuis la guerre, on emploie cette dernière pour la construction des noyaux des bobines de self-induction Pupin, qui sont disposées de distance en distance sur les longues lignes téléphoniques afin de compenser leur capacité.

Le noyau de ces bobines doit avoir une perméabilité aussi élevée que possible, qui reste à peu près constante pour les champs magnétiques qui y sont créés (dont l'intensité très faible varie de 20 à 10 °/₀) ; de plus, les pertes par hystérésis et par courants de Foucault doivent être réduites.

Avant la guerre, on employait pour former les noyaux de ces bobines, des fils de fer doux très minces, isolés entre eux par un vernis à la gomme laque, mais il devint difficile de s'en procurer pendant les hostilités et on eut recours à l'emploi de poudre de fer agglomérée sous-pression.

Celle-ci s'est si bien comportée que l'on continue à l'employer de préférence aux fils de fer.

M. Buckner, Speed et G. W. Elmen, après de longues études et des essais très complets, ont imaginé un procédé de fabrication qui donne toute satisfaction.

Le fer qui a donné les meilleurs résultats est celui obtenu électrolytiquement ; comme il contient une certaine quantité d'hydrogène, il est très cassant, de sorte qu'il peut facilement être réduit en poudre très fine dans des appareils spéciaux. Après avoir tamisé la poudre de fer on y ajoute une certaine proportion de poudre de zinc, et ce mélange est secoué pendant plusieurs heures dans un appareil tournant ; on obtient ainsi une grande résistivité électrique. Le mélange débarrassé du zinc en excès est traité avec une solution de gomme laque, puis séché et comprimé en forme d'anneau à une pression de l'ordre de 15.000 kg : cm².

L'aggloméré ainsi traité a une perméabilité relativement faible (20 environ) et convient pour certaines applications.

Dans le cas où l'on a besoin d'une perméabilité plus grande, la poudre de fer, avant son mélange avec la poudre de zinc, est portée au rouge, de sorte que tout l'hydrogène est enlevé, puis pulvérisée de nouveau ; la perméabilité pour champs de faible intensité est alors égale à 100 environ.

Un troisième type d'aggloméré est obtenu en mélangeant une certaine quantité de poudre qui a été portée au rouge à une quantité déterminée de poudre n'ayant pas subi ce traitement.

La fabrication a été entreprise depuis cinq ans et on emploie environ 12.000 kilogrammes de fer en poudre par semaine.

Les variations irrégulières de l'intensité de la parole qui se produisent dans une ligne téléphonique quand on l'utilise en même temps pour la télégraphie à courant continu, sont atténuées quand on emploie des bobines de self avec noyaux en poudre de fer agglomérée.

Utilité des automobiles dans la construction des lignes

(*Pacific Telephone Magazine :* mars 1922). — Qu'il s'agisse de la légère voiturette dans laquelle l'ouvrier des lignes part à la recherche

d'un dérangement, ou bien du lourd camion qui sert à planter les poteaux, l'automobile est, sans contredit, le « meilleur ami » du personnel chargé de construire et d'entretenir les lignes téléphoniques. Les camions automobiles avec remorque simplifient beaucoup le travail formidable que représente l'entretien en bon état des 15 millions d'appuis des circuits du Bell System.

Malgré qu'il ne puisse être utilisé partout, le camion de trois tonnes, avec sa remorque et son derrick, économise un temps et des sommes appréciables lorsqu'il s'agit de distribuer et de planter de nouveaux appuis. On peut loger sur la remorque 15 poteaux de 10 mètres ; pour les charger au moyen du derrick, il faut, avec deux hommes en sus du chauffeur, de trois quarts d'heure à une heure et demie.

On peut choisir les poteaux sur pied, les abattre et les transporter à 25 ou 30 kilomètres à bien meilleur compte que s'il fallait les faire venir par chemin de fer.

Les derricks servent non seulement à charger et à décharger les poteaux, mais encore à arracher les vieux appuis et à mettre les nouveaux en place.

Développement du réseau télégraphique et téléphonique anglais (*The Electrician :* février 1922). — Un membre du Parlement britannique reconnaît que les services techniques du Post office ont fait exécuter, l'an dernier, un ensemble de travaux très importants et que l'avenir s'annonce bien. Le service téléphonique a été amélioré un peu partout. En ce qui concerne les lignes souterraines à grande distance, les travaux de construction se poursuivent. Il a été posé en 1921, 1.152 kilomètres de conduites unitubulaires renfermant 187.000 kilomètres de circuits bifilaires. En ce qui concerne les réseaux urbains, on a posé 1.600 kilomètres de conduites, où sont logés 160.000 kilomètres de câble téléphonique à deux conducteurs. On a construit environ 500 circuits interurbains aériens d'une longueur totale de 16.000 kilomètres.

Au sujet de la téléphonie automatique, le parlementaire anglais a fait remarquer que les avantages des centraux automatiques ne sont pas douteux. Les services techniques ont établi les devis relatifs à



l'installation de six centraux de 11.000 lignes chacun, et à l'extension de quatre autres centraux qui pourront desservir chacun 3.500 abonnés nouveaux. M. Pease n'hésite pas à déclarer que, grâce à son réseau téléphonique actuel, l'Angleterre est, aujourd'hui, sensiblement en avance sur les autres pays.

Nouvelle application des filtres électriques (*Telephone Engineer :* février 1922). — Les filtres imaginés par le Dr Campbell sont employés fréquemment depuis plusieurs années en téléphonie et en télégraphie multiples par courants porteurs. Une nouvelle application vient d'être faite à New York où l'on s'en est servi pour séparer l'un de l'autre des messages radiotélégraphiques et radiotéléphoniques transmis sur une même longueur d'onde. Le filtre différait sensiblement du circuit filtrant accordé, composé d'une inductance et d'une capacité qu'on emploie généralement en radiotélégraphie. Le circuit simple accordé laisse passer une fréquence unique, tandis que le filtre de Campbell sert à séparer une bande de fréquences. Pour une conversation téléphonique ordinaire, il est nécessaire de transmettre toutes les fréquences comprises entre 200 et 2.000 périodes par seconde, les autres fréquences pouvant être étouffées. Le filtre électrique doit être calculé de façon à laisser passer la totalité du courant transmis à ces fréquences sans diminution appréciable de l'amplitude, tout en barrant la route aux autres fréquences situées en deçà ou au delà des premières. Si les éléments du filtre sont convenablement choisis, il laissera passer une bande plus ou moins large de fréquences. On lit dans le compte rendu des expériences faites récemment à New York qu'on s'est servi de deux appareils radio construits spécialement et que les messages télégraphiques et téléphoniques ont été transmis en même temps sur la même longueur d'onde. Une lampe à trois électrodes assurait la réception des signaux ; les fréquences téléphoniques étaient ensuite séparées des fréquences télégraphiques.

Les perfectionnements apportés aux filtres électriques permettent d'escompter de notables progrès en radiotélégraphie et en radiotéléphonie simultanées ; il s'ensuivra une diminution des troubles par interférence puisqu'un nombre plus petit de longueurs d'onde sera

nécessaire. En outre, il sera possible de trouver une méthode propre à combattre le brouillage dont les inconvénients se font chaque jour davantage sentir en raison du développement et de l'emploi de plus en plus fréquent de la radiotéléphonie.

Postes émetteurs de 200 m. de longueur d'onde (*Wireless Age* : avril 1922). — En décembre dernier, l'Américan Radio Relay League, puissant club d'amateurs sans-filistes des États-Unis, avait institué un essai de transmission destiné à ses membres. En Amérique, les amateurs sont autorisés à émettre sur 200 m. de longueur d'onde et à employer une puissance maxima de 1 kw. A la suite de nombreux concours entre clubs d'amateurs, il avait été décidé d'organiser un concours transatlantique réservé aux seuls concurrents ayant déjà réalisé une portée de 1.600 km. sur terre ; il y eut 78 engagements. Le Gouvernement prêtait son appui officiel. Craignant que les amateurs européens ne fussent pas suffisamment familiarisés avec le maniement de ces petites ondes, un amateur Sir P.-F. Godley fut dépêché en Angleterre. La station à puissance de Carnavon devait tous les matins passer un radiotélégramme à tous, destiné à renseigner les concurrents sur les résultats de l'écoute de la nuit précédente.

Le concours s'ouvrait le 7 décembre 1921 à 0 h. Les concurrents devaient transmettre à tour de rôle pendant 15 minutes, le tour général étant décalé chaque jour, afin que, si au cours de la nuit une heure se révélait plus favorable, tous les amateurs pussent en profiter et avoir des chances égales, les transmissions devant cesser à 6 h. Greenwich.

A priori, l'insuccès de tels essais apparaissait à tous comme évident. En effet, pour franchir les 6.000 km. environ qui séparent l'Europe de l'Amérique du Nord, les grandes stations emploient des longueurs d'ondes s'échelonnant entre 10 et 25.000 m. et des puissances de 100 à 500 kw.-antenne. Les amateurs ne pouvaient disposer que de 200 m. de longueur d'onde, 1 kw. au maximum et aucun poste n'a eu une telle énergie à sa disposition. De plus, les antennes d'amateurs sont relativement fort basses et rayonnent mal. Un gros avantage des petites ondes, disent les partisans de 200 m. de longueur

d'onde, réside dans le grand rendement de l'antenne d'émission dû à la très haute fréquence.

Tout d'abord installé à Wembley Park, Sir Godley n'entendit rien la première nuit. Sans se décourager, il alla s'installer en Ecosse à Ardrossan dans une prairie, sa station étant abritée par une tente que la bourrasque secoue et pénètre.

L'appareil utilisé comprenait une antenne unifilaire de 200 m. de long tendue à 4 m. du sol et mise à la terre, à travers quelques centaines d'ohms, à l'extrémité libre. L'autre extrémité était branchée au primaire d'un Tesla. Le secondaire était fermé sur une lampe détectrice montée en réaction, une hétérodyne, réglée de façon à transformer la fréquence 1.500.000 en 100.000, un amplificateur H. F. 5 étages à résistances, une lampe détectrice et un étage B. F. Une hétérodyne auxiliaire était disposée pour la réception des ondes entretenues par battements sur l'onde 3.000 m.

Avec un tel dispositif, Sir Godley a entendu durant les 10 nuits d'écoute, trente trois postes américains dont un entre autres, celui de Sir Minton Cronkhite de Greenwich (Connecticut) a pu être lu à plusieurs mètres des écouteurs. Ce poste, dont l'indicatif est 1 B C G, et auquel Sir S. H. Armstrong avait prêté son concours, employait une longueur d'onde de 230 m., l'intensité dans l'antenne était de 6 A., la résistance d'antenne 15 ohms 5. L'antenne était du type en T, sans terre, celle-ci remplacée par un contrepoids. Les autres postes entendus avaient des puissances allant de 35 watts à 558 watts-antenne.

Sur le continent des postes furent entendus à la Haye et à Nice par les quelques rares amateurs s'occupant de ces petites ondes.

Ces essais particulièrement féconds en enseignements précieux dans un domaine où le sansfiliste a peur de s'aventurer, ouvrent un avenir riche en promesses. Puisque une libérale Administration va sous peu — dit-on — permettre d'employer ces ondes, ne pourrons-nous pas d'ici quelque temps envisager plus fermement l'idée d'un concours à organiser entre amateurs français et américains, ainsi que le suggère l'Onde Electrique ?

Enfin, nous devons louer le courage et la patience de cet amateur passant sous un aussi frêle abri dix nuits glaciales pour écouter

les signaux de ses amis, comme ces amateurs se pliant si strictement à la discipline consentie de ne transmettre, à tour de rôle, que pendant 15 minutes et ayant réuni, par souscription, les fonds nécessaires au voyage d'un des leurs.

Le perfectionnement des postes émetteurs à lampes en Allemagne (Dr A. Meissner, *Proceedings of The Institute of Radio Engineers* : février 1922). — Sous ce titre, le Dr Alexandre Meissner décrit les derniers modèles de tubes à trois électrodes et leur application récente à la T. S. F. et à la Téléphonie multiple à H. F. sur fils.

L'auteur rappelle qu'en juin 1913, une conversation téléphonique a pu être réalisée entre Berlin et Nauen (36 km.); la puissance employée variant de 10 à 15 watts était obtenue par des tubes Lieben. Ensuite, leur emploi en hétérodyne à la station américaine de Sayville a permis de recevoir les signaux émis sur ondes entretenues par la station de Nauen dont l'émission était assurée au moyen d'un alternateur de 100 kw. à 8.000 périodes (octobre 1913). L'auteur fait remarquer qu'à cette époque, les tubes étaient à vide peu poussé et utilisaient, en grande partie, le phénomène d'ionisation, ce qui en rendait le fonctionnement instable. La Compagnie Telefunken a depuis étudié de nombreux types de tubes que l'auteur décrit : tubes à vide très poussé, choix du métal constituant les électrodes, dispositifs de fixage des électrodes remédiant aux efforts mécaniques, disposition de la grille, etc.

En 1915, Meissner eut connaissance des travaux de Langmuir; une impulsion nouvelle en fut la conséquence. C'est alors que Meissner imagina d'enrouler sur elle-même la grille, ce qui permit d'avoir des grilles constituées par du fil très fin et à mailles très serrées; d'où, une augmentation de puissance et de rendement.

Actuellement, les plaques des tubes allemands sont en tantale, les grilles en tungstène. Ces tubes permettent de mettre, dans une antenne, des puissances de 10 à 2.000 watts. La possibilité de mettre en parallèle plusieurs de ces lampes donne une grande souplesse au poste. Ainsi sont équipées les stations de Königswusterhausen et de Prague qui utilisent jusqu'à 20 lampes en parallèle.

Avec un tel nombre de lampes — le plus souvent dissemblables électriquement — il se produit des ondes parasites très courtes, de 100 m. de longueur d'onde, gênant l'émission.

Ces petites ondes sont éliminées au moyen de circuits appropriés, c'est-à-dire, réalisant une combinaison de capacités, inductances et résistances, disposés dans les circuits grille ou plaque.

Dans la construction des postes d'émission, on se base toujours sur les relations simples existant entre les tensions appliquées à la grille et à la plaque d'une part, et la tension de consommation du courant continu d'autre part. La tension alternative efficace de plaque est les 45/100 à 60/100 de la tension continue ; la tension de grille en est les $\frac{4}{100}$ à $\frac{20}{100}$ seulement.

Si l'on connaît le débit d'une lampe quelconque et la résistance du circuit oscillant, à la fréquence considérée, on peut trouver les valeurs à donner aux selfs et capacités de grille et de plaque d'un émetteur en fonction d'une tension continue et d'une longueur d'onde données.

La condition à satisfaire est que les tensions de plaque et de grille, en couplage inductif, soient égales à :

$$2 \pi n < I$$

et à $\frac{1}{2 \pi n C}$ I, dans le cas du couplage par capacité, sans qu'on ait à s'inquiéter si les tensions sont appliquées directement à la grille et à la plaque, ou à travers un circuit oscillant.

Une façon d'augmenter le rendement, consiste à coupler d'une façon serrée le circuit plaque et le circuit oscillant, mieux à les confondre. Par contre, le circuit grille doit avoir un couplage lâche.

Le rendement d'un tube peut être accru si l'on fait passer dans le circuit plaque, des courants ayant une forme ondulatoire spéciale ; ou encore, en appliquant à la grille une tension supplémentaire de fréquence triple (Meissner). Les pertes se trouvent sensiblement réduites, puisque, pendant que le tube fonctionne, la durée d'application des hautes tensions est limitée, et en outre, parce qu'au moment de la mise sous tension du tube, le courant ne passe pas dans la lampe. Mais dans ces conditions, il se produit des harmo-

niques de très haute fréquence. Aussi, lorsque l'on utilise des émetteurs couplés directement au circuit d'antenne, pour en débarrasser le courant porteur, on est obligé de les supprimer, ce qui s'obtient soit par l'emploi de circuits absorbants, soit par un circuit intermédiaire, soit encore, par l'emploi d'une puissante lampe amplificatrice commandée par un petit oscillateur à lampe (Meissner).

Les lampes actuelles ont une puissance allant de 5 watts à 1,5 kw. Des postes à lampes, d'une puissance de 1 kw., sont utilisés, dans les grandes villes allemandes, pour la transmission des nouvelles de presse et font partie du réseau des Postes et Télégraphes. Leur transformation en postes de téléphonie sans fil s'effectue aisément en intercalant une lampe sur le circuit de plaque, de manière que ce courant de plaque y passe en totalité.

De la téléphonie sans fil, les appareils émetteurs ont été adaptés aux besoins de la téléphonie multiple à haute fréquence sur fils. A l'heure actuelle, il existe, en Allemagne, de nombreuses communications téléphoniques à haute fréquence qui fonctionnent sur des distances atteignant parfois 600 km. Certaines communications fonctionnent d'une manière tout à fait satisfaisante depuis plus d'un an. D'une façon générale, chaque circuit procure deux communications à H. F. Les longueurs d'onde varient entre 5.000 et 20.000 m. La modulation du courant porteur a lieu en agissant directement sur la tension de plaque ou en utilisant l'excitation séparée au moyen de lampes génératrices excitées séparément.

Pour éviter des amplifications coûteuses et une trop grande complexité des circuits, on utilise une énergie assez grande (4 à 8 watts), ce qui correspond à 0 A.,1 dans le fil de ligne.

L'appareil émetteur ne devant pas influencer le récepteur, l'auteur recommande soit de choisir convenablement la résistance en haute fréquence des circuits, soit de monter les circuits en pont de Wheatstone.

Pour la télégraphie multiple à H. F. à grande vitesse — duplex et quadruplex — la communication Francfort-Berlin, desservie par des appareils rapides Siemens, a été mise en service. L'installation permet de transmettre 4.000 mots à la minute en utilisant des longueurs d'onde plus courtes qu'en téléphonie.

Enfin un problème d'intérêt capital pour les concessionnaires de réseaux à haute tension consiste à relier en tout temps et surtout lors des ruptures de fil les centrales aux sous-stations. L'emploi des ondes de haute fréquence mises sur les conducteurs d'énergie, en utilisant un couplage par capacité ou par induction, permet de le résoudre.

Les postes émetteurs utilisés sont à deux lampes de 10 watts, la modulation, très simple, consiste à faire agir sur la grille le courant microphonique. Un dispositif d'appel spécial est disposé dans l'appareil, ce qui évite l'écoute permanente. En raison du peu d'importance de l'affaiblissement des lignes à H. T. et de ce que les distances à franchir sont courtes, 200 km. en général et souvent moins, les ondes employées sont inférieures à 2.000 m.

Ce dispositif permet de téléphoner même si les commutateurs, qui ferment la ligne, ne sont pas enclenchés. Pour envoyer le courant à H. F. sur la ligne à H. T., on emploie un ou deux fils de 100 m. de long disposés parallèlement aux conducteurs d'énergie. Un autre dispositif consiste à relier le réseau au poste émetteur au moyen de petites capacités telles que celles des isolateurs d'entrée.

Les sansfilistes amateurs aux Etats-Unis (*The Electrician* : mai 1922). — L'extension que ne manquera pas de prendre l'usage des appareils radiotéléphoniques, comme conséquence de l'autorisation attendue du Postmaster General, reçoit une confirmation éclatante dans les comptes rendus des journaux américains qui montrent les conséquences de l'emballement de la population des États-Unis pour la téléphonie sans fil. Il y aurait présentement un million d'amateurs qui s'amusent à recevoir des télégrammes d'information, à déchiffrer les codes commerciaux, à écouter les signaux horaires transmis par la station d'Arlington. Or, il y a un an, on comptait aux États-Unis 40.000 postes d'amateurs tout au plus. On peut juger par là du développement de la téléphonie outre Atlantique. Côté industriel, nous notons que plusieurs constructeurs se sont associés pour vendre des appareils de réception et pour développer leur trafic en exploitant cette branche spéciale de l'industrie électrique. Comme nous l'avons indiqué précédemment,

la question se pose sous un autre aspect depuis que le contrôle du Gouvernement a été jugé nécessaire. Ce contrôle ne plaira guère aux Américains qui, en général, n'aiment pas beaucoup se plier à des restrictions.

Le Comité technique de la « Radio Control Conference » a publié un long rapport qui conclut au contrôle absolu des postes émetteurs par l'État. Il propose, en outre, de réserver toutes les longueurs d'onde inférieures à 6.000 mètres au service radiotéléphonique ; toutefois, il conviendra de conserver les longueurs d'onde comprises dans cette gamme qui ont été adoptées pour certains services de T. S. F., pour la transmission des « S. O. S. » notamment. Le développement de la téléphonie sans fil justifie l'emploi de 20 bandes de fréquences distinctes dont 15 sont inférieures à 2.000 mètres. Le Comité technique est d'avis d'accorder la priorité aux services d'informations commerciales, en commençant par les services officiels, pour continuer par les services publics d'enseignement, par les services privés (théâtrophone, etc...) et pour finir par les services d'information à longue distance. On réserverait aux amateurs les fréquences comprises entre 150 et 275 mètres; à titre exceptionnel, on les autoriserait à faire des expériences sur des ondes plus longues. Il est question, en outre, de limiter l'énergie transmise afin d'éviter le plus possible les risques de brouillage. Cette mesure est excellente en soi : un décret a été publié qui autorise le ministre du Commerce à empêcher la création d'un monopole des transmissions radiotéléphoniques et à réglementer les heures de fonctionnement des stations émettrices. Nous n'envions pas les fonctionnaires qui seront chargés de veiller à l'application de ces mesures. Ils auront de quoi faire, et ils gagneront bien leur argent. De ce qui précède, on peut conclure qu'il est nécessaire de fixer immédiatement les règles applicables à la radiotéléphonie pour amateurs, non pas dans un esprit étroit et intransigeant, mais de manière à sauvegarder l'intérêt général.

Un tube émetteur constitue un excellent amplificateur

(*Radio News* : mars 1922). — Depuis que le grand public s'est passionné pour la téléphonie sans fil, nombreuses sont les demandes

des particuliers qui voudraient pouvoir reproduire les concerts avec une intensité sonore comparable à celle d'un phonographe ordinaire, et sans la moindre distorsion ; par suite, les amateurs cherchent à réaliser, par tous les moyens, une amplification supplémentaire. Certains ont ajouté un ou plusieurs étages à leur amplificateur ordinaire, mais ils n'ont pas obtenu les résultats escomptés, en raison de ce qu'en général, avec trois étages, on atteint le maximum d'amplification réalisable. Les amplificateurs à plus de trois étages renforcent suffisamment les signaux très faibles, mais *ils* n'augmentent pas le débit dans la proportion voulue.

Le vrai moyen consiste à employer des tubes construits pour supporter de fortes charges électriques. On les trouve parmi les tubes émetteurs modernes, dont tous les modèles mis dans le commerce constituent d'excellents amplificateurs quand on applique à la plaque des tensions convenables. En remplaçant les lampes de ses amplificateurs par ces tubes émetteurs, l'amateur augmentera considérablement le débit à la réception mais à condition d'appliquer à la plaque une tension plus élevée que celle employée jusque-là. Alors, avec deux ou trois étages il obtiendra un débit d'énergie suffisant.

Les tubes émetteurs, en outre, déforment beaucoup moins les signaux que les tubes à plus faibles voltages ; même lorsqu'on leur applique des tensions plus faibles que celles pour lesquelles ils sont normalement construits, la distorsion est si faible qu'elle ne gêne en rien la réception des ondes musicales et des courants de conversation.

Le gouvernement anglais compte sur la récente réduction des tarifs pour favoriser le commerce (*The Electrician* : mai 1922). — Nous traitons assez souvent dans nos colonnes des questions d'exploitation municipale se rapportant à la production et à la distribution de l'énergie ou de la lumière électrique. Les conditions économiques étant stabilisées, les tarifs doivent être le plus bas possible, et en aucun cas on ne doit vider le portemonnaie des consommateurs au bénéfice des contribuables. Nous pensons que cette manière de voir est justifiée et qu'elle est applicable aussi bien aux services d'État qu'aux administrations munici-

pales. En d'autres termes, c'est une mauvaise tactique de relever les tarifs postaux pour soulager le budget général ; en l'appliquant on va à l'encontre du but poursuivi. Par conséquent, le Post Office, qui est la principale branche commerciale du Gouvernement, doit régler ses opérations sur la base de tarifs le moins élevés possible. Car l'un des inconvénients des administrations publiques de rapport, c'est qu'il n'est pas nécessaire qu'elles réalisent des bénéfices ; il est même important qu'elles ne soient pas autorisées à en faire.

Le commerce et les tarifs minima. — On doit donc louer hautement le Potsmaster general d'avoir consenti une réduction des tarifs postaux et l'adjurer de reprendre courage, car il semble un peu effrayé de son audace. L'abaissement des tarifs favorisera le commerce, augmentera les revenus de l'État, et, nous l'espérons, sera le prélude de réductions nouvelles. Il est intéressant de voir ce qui a poussé le Gouvernement à abaisser les tarifs postaux. L'exercice 1920-1921 s'est soldé par un déficit de 7.300.000 livres sterling. Le déficit pour les six premiers mois de 1921 s'élevait à 2.800.000 livres ; pendant les six derniers mois, le relèvement des tarifs commença de produire son effet : les bénéfices s'élevèrent à 1.000.000 de livres. Le déficit n'était donc plus que d'un million huit cent mille livres ; si les tarifs n'avaient pas été relevés, il aurait atteint le chiffre formidable de 5 millions de livres. La situation s'étant améliorée grâce à une diminution des dépenses passées de 67.120.000 livres à 53.800.000, les bénéfices pour l'exercice 1922-1923 peuvent être estimés à 9.300.000 livres avec les anciens tarifs. Le Postmaster general a donc raison d'abaisser les tarifs comme il vient de le faire ; il a non moins raison de s'opposer à ce que le Trésor public mette la main sur l'excédent des recettes sur les dépenses.

Il faut dire que la diminution en question n'absorbera pas intégralement les bénéfices, mais M. Kellaway a jugé sage de procéder graduellement en raison de ce qu'on ne peut calculer les recettes exactement à l'avance. Nous pensons que c'est faire preuve d'un certain pessimisme, car les recettes seront accrues par suite de l'application de taxes moins élevées, en ce qui concerne les imprimés notamment. Le Postmaster general doit songer mainte-

nant à abaisser les tarifs télégraphiques et ceux des colis postaux.

Téléphones. — Pour les électriciens, la branche des services du Post Office qui présente le plus d'intérêt est l'exploitation téléphonique. Nous avons constaté avec plaisir que le rapport de la Commission d'enquête sur ce sujet épineux demande à M. Kellaway non seulement d'abaisser les tarifs téléphoniques, mais encore de préparer un courageux projet d'extension des réseaux. C'est un excellent début, qui ne manquera pas de donner de très bons résultats, spécialement si les choses sont poussées activement. A l'heure présente, les services techniques du Post Office sont débarrassés des difficultés qu'ils ont connues au lendemain de la guerre ; ils doivent pouvoir réaliser des extensions dont le besoin se fait grandement sentir.

Le service prendra un nouvel essor si l'on réduit de 30 shillings le prix de l'abonnement annuel au téléphone pour chaque poste privé, si l'on réduit de 15 à 12 centimes et demi le prix d'une communication urbaine, si l'on réduit de 25 °/₀ le prix des communications interurbaines entre 14 et 19 heures, si l'on augmente les facilités de communication en province, si l'on supprime les taxes locales sur les circuits téléphoniques à longue distance et si l'on abaisse de 10 à 3 livres par mile (1609^{m}) la taxe afférente aux circuits. Encore une fois, ceci n'est qu'un commencement ; les taxes devront être encore réduites progressivement.

Les taxes élevées n'ont pas nui au développement des téléphones. — Il est intéressant de noter qu'en dépit des tarifs très élevés en vigueur actuellement, le nombre des téléphones en service était, au 31 mars 1922, de 995.242, en augmentation de 16.991. Le nombre des nouveaux abonnés s'élevait à 75.000 ; 64.000 abonnés avaient résilié leur abonnement ; 29.000 de ces derniers avaient donné pour raison l'augmentation des tarifs ; les autres résiliations s'expliquent par le ralentissement des affaires et un peu aussi par le ralentissement graduel de l'activité des services administratifs. On a ouvert pendant l'année 530 bureaux ruraux et relié au réseau 3.290 postes d'abonnés de groupe (party line subscribers) ce qui montre que les préjugés dont les lignes de groupe étaient l'objet commencent à disparaître. Tel quel le résultat est satisfaisant, mais il

faut faire mieux encore. Car, comme le disait Sir Henry Norman au cours des débats « le Post Office doit se conduire comme tout homme d'affaires avisé le ferait : il doit baisser ses prix, engager à fond la partie et faire de la réclame. Le Postmaster general doit forcer le public à user davantage du téléphone. »

Économies nécessaires. — Mais ce qu'il faut surtout, c'est faire des économies dans le Post Office comme dans les autres services de l'État. Le fait qu'il n'est pas nécessaire de réaliser des bénéfices encourage fatalement l'inertie des administrations ; celles-ci perdent trop souvent de vue les principes commerciaux sans l'application desquels il n'est pas de succès possible.

Le Professeur Eccles signale les inconvénients des stations de T. S. F. de plus de 3.200 km. de portée (*The Electrician* : mai 1922). — *La « chaîne impériale » anglaise.* — Dans le mémoire qu'il a présenté récemment devant la section indienne et les autres sections coloniales de la Société Royale des Arts, le professeur Eccles a pris le sage parti de résumer, en langage non technique, les travaux effectués pour amener la science des communications sans fil à un point où elle peut non seulement rendre les plus grands services du point de vue international, mais encore être employée par quiconque, comme source de profits ou de plaisir. Son but avoué était de donner des renseignements que devraient posséder tous ceux qui veulent se faire une opinion sur le projet de construction d'une chaîne impériale de stations radiotélégraphiques. Malgré que ses conclusions aient été combattues par M. Godfrey Isaacs, au cours d'une discussion subséquente, elles n'en conservent pas moins une réelle valeur. Le professeur Eccles expose évidemment le point de vue officiel ; M. Isaacs propose un deuxième moyen pour atteindre le même but. Rien d'étonnant à ce qu'ils ne se soient pas trouvés d'accord sur tous les points.

L'un des différends portait sur la question de savoir s'il fallait ou non opter pour le projet dit « des 3.200 km. », préconisé par la Commission de la chaîne impériale. M. Isaacs était opposé au projet ; mais, en s'appuyant sur des analogies météorologiques, le profes-

seur Eccles a réussi à démontrer les inconvénients techniques qui résulteraient de la construction de stations ayant une portée supérieure à 3.200 kilomètres. Si l'on s'en tient simplement aux facilités d'écoulement du trafic, l'argument en faveur des portées plus courtes est le plus frappant, car les stations intermédiaires peuvent, en même temps, recevoir et transmettre, ce qui donne une meilleure distribution du travail et un meilleur rendement des installations. Notons en passant que le professeur Eccles a montré qu'à l'heure actuelle, peu de stations transmettent à des distances supérieures à 3.200 km., bien qu'elles dépassent parfois cette portée limite pour les raisons que chacun sait.

Du danger des téléphones dans les mines (*Times Trade suppl*[t] : mai 1922). — D'une série d'expériences effectuées par le Bureau des Mines des États-Unis, il résulte que les téléphones ordinaires employés dans les mines peuvent enflammer les gaz et provoquer ainsi de dangereuses explosions. Les courants de conversation ne sont pas en cause, mais bien les courants des magnétos d'appel. Les expériences ont eu lieu dans une galerie remplie d'un mélange d'air et de gaz d'éclairage fourni par le Gaz de Pittsburgh. Plusieurs essais effectués dans des conditions différentes ont permis de constater que, dans une atmosphère gazeuse, les appareils téléphoniques à magnétos d'appel, même protégés parfaitement contre l'humidité et les poussières, peuvent être un danger.

Le problème relatif aux services radio-électriques d'information est loin d'être résolu (*The Electrician* : mai 1922). — Une des principales causes de retard dans l'organisation des services radiotéléphoniques d'information est due à ce que les problèmes techniques n'ont pas encore reçu de solution définitive. L'accord n'a pu se faire que sur un seul point ; à savoir : la nécessité d'interdire aux postes émetteurs la transmission de réclames et nouvelles.

Nous sommes partisans de cette mesure en ce qui concerne les

réclames, car leur transmission gênerait ou empêcherait la transmission de renseignements plus essentiels ; mais nous pensons que l'émission des nouvelles, *sans commentaires*, devrait être autorisée. Les journaux n'auraient que fort peu à y perdre et beaucoup à y gagner, car le public s'empresserait de chercher, dans les éditions du matin et du soir, les détails complémentaires destinés à satisfaire pleinement sa curiosité ; d'ailleurs, la lecture des journaux est trop ancrée dans les habitudes pour qu'elle se perde facilement.

Quoi qu'il en soit, l'enthousiasme du public aura un résultat immédiat certain : les amateurs s'initieront aux mystères de la science électrique et sauront mieux apprécier les méthodes scientifiques.

Lavage des isolateurs (*Post Office Electr. Engin. Journal*: avril 1922). — On a mis dernièrement à l'essai, plusieurs procédés de nettoiement des isolateurs, simples et pratiques, applicables aussi bien en rase campagne qu'en magasin. Les meilleurs résultats ont été obtenus au moyen de l'outillage suivant :

2 baignoires en zinc, d'une capacité de 36 litres, l'une avec couvercle ;

1 seau ;

2 panniers en fort fil de fer pouvant s'emboîter dans les baignoires ;

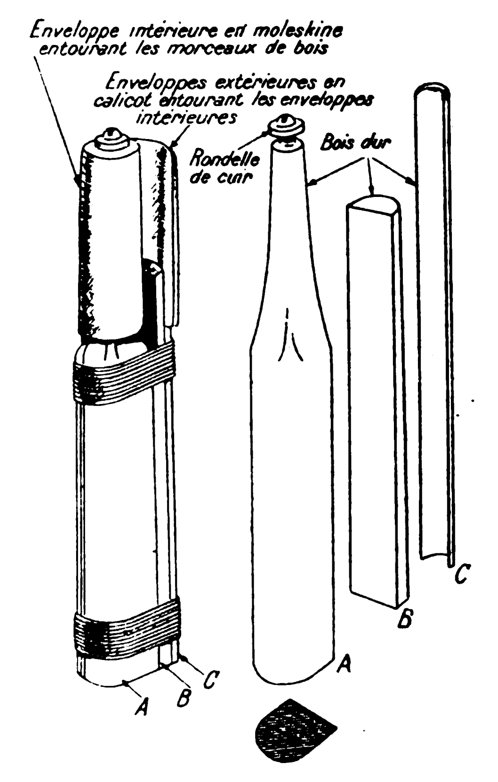
1 réchaud pouvant brûler du charbon et du coke ;

1 outil à laver (voy. figure) ;

1 gant en flanelle :

L'outil à laver peut pénétrer facilement à l'intérieur d'un isolateur à double cloche. La pièce centrale et la partie extérieure sont recouvertes de calicot, de flanelle, de moleskine, ou d'une autre étoffe du même genre ; on prépare à l'avance un certain nombre d'enveloppes de réserve. Pour nettoyer un isolateur, on le place sur l'outil à laver tenu dans la main droite et on le fait tourner avec la main gauche revêtue du gant de flanelle de manière à nettoyer en même temps l'intérieur et l'extérieur de l'isolateur. On remplit une des baignoires d'une solution de sel de soude étendue d'eau (environ 22 litres) suffisante pour 30 ou 50 isolateurs (suivant le modèle de ceux-ci). La baignoire oblongue adoptée a les dimensions suivantes : 70 cm. de

longueur, 50 de largeur, 25 de hauteur. Les isolateurs sont placés au préalable dans des paniers en fil de fer qui sont ensuite plongés dans la solution indiquée, portée à l'ébullition ; ces paniers de même forme que la baignoire, ont 67 cm. de long, 48 de large et 24 de haut. On laisse les isolateurs dans la solution bouillante pendant 10 minutes, on retire le panier et on laisse égoutter avant de le tremper dans la deuxième baignoire remplie d'eau claire. Aussitôt après, on plonge dans la première baignoire un second panier rempli d'isolateurs. Entre temps l'ouvrier procède au nettoyage des isolateurs ainsi lavés.



Un même ouvrier peut nettoyer en une journée, 600 isolateurs du grand modèle du General Post Office.

La méthode de lavage a été employée en ligne ; une équipe étant munie du matériel nécessaire, un ouvrier faisait effectivement le nettoyage et il était servi par une équipe de monteurs, retirant des

appuis les isolateurs sales et les remplaçant par des isolateurs propres. L'équipe idéale est formée par un chef d'équipe, un ouvrier faisant le nettoyage et trois monteurs.

Un fait assez curieux a été observé au cours des essais. Bien que les trois monteurs aient été également habiles, et aient effectué leur travail avec le même effort apparent, l'un avait terminé 5 ou 6 minutes avant le deuxième et 8 ou 10 minutes avant le troisième. Le nombre d'opérations étant le même pour chacun d'eux, on chercha d'où provenait cette différence ; pour cela, on procéda à une étude rapide des « temps et mouvements ». On eut vite fait de reconnaître que le premier monteur desserrait les huit colliers sans lâcher ses pinces. Il achevait ensuite ce travail avec les doigts, changeait les isolateurs, reposait les colliers et les serrait définitivement en sens inverse avec ses pinces qu'il ne remettait ainsi que deux fois dans leur fourreau. Au contraire, le deuxième monteur desserrait les colliers à l'aide de sa pince, puis de ses doigts mais, pour cette dernière partie de l'opération, remettait chaque fois la pince dans le fourreau ; il changeait tous les isolateurs serrait les colliers l'un après l'autre à la main, puis à la pince, remettant chaque fois l'instrument à sa place. Quant au troisième, il desserrait et resserrait les colliers à la pince l'un après l'autre. On voit que pour huit isolateurs les deux derniers monteurs sortaient et rentraient leurs pinces seize fois, le premier monteur, deux fois seulement. On constata que les déplacements et quelques pertes de temps inévitables atteignaient 25 °/₀ environ.

Le nettoyage des isolateurs d'arrêt compliquait et retardait un peu les opérations ; tout compte fait, on calcula qu'il fallait en moyenne 0,07 heure d'ouvrier par isolateur. Les lignes remises en état suivaient les routes de districts industriels et les isolateurs avaient été exposés pendant 8 ans aux fumées des usines. L'habitude aidant, l'équipe en question réussit, après quelque temps, à abaisser la moyenne à 0,065 heure d'ouvrier par isolateur.

Par la suite, on a utilisé une solution composée d'extrait de quebracho (1) et de soude caustique. Il paraît qu'après avoir bouilli

(1) Composition utilisée pour le nettoyage des chaudières en République Argentine.



de 10 à 15 minutes dans ce liquide, les isolateurs sont propres; il suffit de les passer dans un bain d'eau claire; inutile de les frotter avec une étoffe quelconque.

La méthode de lavage des isolateurs en grand nombre est comparable à « la fabrication en série » dans les usines. Son succès réside tout entier dans l'emploi d'un matériel convenablement choisi et dans l'entraînement du personnel qui doit être familiarisé avec les détails du travail qui lui incombe.

Apparition simultanée des parasites dans diverses stations de radiotélégraphie. — (*Mitteilungen aus dem Telegraphentechnischen Reichsamt*, vol. IX). — Pour étudier si les parasites atmosphériques apparaissent simultanément dans les diverses stations de radiotélégraphie le Telegraphentechnisches Reichsamt a comparé les enregistrements graphiques par ondulateur dans diverses stations des signaux horaires émis par Lyon, la Tour Eiffel et Nauen. Les deux stations de Berlin et de Strelitz, distantes l'une de l'autre de 100 kilomètres, ont enregistré assez souvent les mêmes parasites. Une observation conduite pendant deux mois a fourni les résultats suivants :

Berlin : 6.397 parasites repérés sur les signaux horaires choisis.
Sterlitz : 5.009
4.409 parasites simultanés dans les deux stations.

INFORMATIONS ET VARIÉTÉS.

Mort d'Alexandre Graham Bell (1). — L'inventeur du téléphone est décédé le 2 août 1922 à deux heures du matin dans sa propriété de Beinn Breagh, près de Baddeck (Nouvelle-Écosse). Bien qu'il fût souffrant depuis plusieurs mois, le docteur Bell n'avait pas interrompu ses travaux. Sa fin inattendue est attribuée à une anémie progressive. Ses restes ont été inhumés à un endroit choisi par lui-même sur le sommet du mont Beinn Breagh.

Voici en quels termes le Président Harding a exprimé ses condoléances à Madame Bell :

« La nouvelle de la fin de votre éminent mari m'a douloureusement frappé. Avec tous ses concitoyens, j'avais appris à le révérer comme l'un des grands bienfaiteurs de l'humanité et comme l'un des plus éminents Américains de toutes les générations. Le monde entier le pleurera et honorera sa mémoire, car il a servi à l'humanité de toutes ses forces et avec tout son cœur sans jamais se lasser. »

Alexandre Graham Bell naquit à Edimbourg (Écosse) le 3 mars 1847. Il avait pris ses grades dans diverses universités d'Europe. En 1870 il arrivait à Brantford (Ontario) ; l'année suivante il quittait le Canada pour se fixer à Boston (États-Unis). Il poussa ses études sur la téléphonie alors qu'il enseignait la physiologie de la parole à l'Université de Boston. Il prit son brevet relatif au téléphone en 1876. En collaboration avec MM. C. A. Bell et Sumner Taintor, le docteur Bell a inventé le phonographe. On attribue encore à ce savant, l'invention du photophone, de la balance d'induction et de la sonde téléphonique qui permet de trouver les projectiles dans le corps des blessés.

Le docteur Bell était très connu pour l'aide qu'il s'est efforcé d'ap-

(1) Notice nécrologique extraite du *Telegr. and Teleph. Age* (numéro d'août 1922.)

porter aux personnes atteintes de surdité ; il avait fondé la Société américaine d'enseignement de la parole aux sourds-muets ; il consacra à cette œuvre 250.000 dollars prélevés sur sa fortune personnelle. Une partie des sommes importantes que lui rapportaient ses brevets servit à doter des organisations scientifiques. Ce généreux savant était membre d'honneur d'un grand nombre d'universités du monde entier. Les gouvernements français, anglais et belge avaient reconnu son œuvre en lui attribuant des décorations. En 1914, il avait reçu la médaille scientifique Edison.

Le docteur Bell, qui vivait à Washington, collaborait à de nombreuses revues scientifiques. En lui, le monde perd un inventeur à qui il doit beaucoup.

C'est en 1876 qu'eut lieu la première conversation téléphonique à longue distance sur un fil télégraphique Boston-Cambridge. Le monde entier s'inclina devant le génie de Bell et le gouvernement français lui attribua le prix Volta (50.000 frs) en récompense de sa découverte.

M. Thayer, président de l'American Telephone and Telegraph C° a envoyé à Madame Bell un télégramme de condoléances ainsi conçu : « Au nom de tout le personnel du système téléphonique qui porte le nom du savant disparu, je vous exprime notre profonde sympathie et notre douleur. L'histoire enregistrera les services inestimables qu'il a rendus à l'humanité ; mais nous, qui exploitons sa précieuse découverte, nous rendons un hommage spécial à son génie. »

Le jour des obsèques du docteur Bell, le service fut interrompu pendant une minute sur tous les réseaux des Compagnies Bell associées. C'est la troisième fois que le service a été interrompu sur les lignes desservant les 13 millions de postes appartenant à la Compagnie. Il l'avait été une première fois, le 18 avril 1921, lors des obsèques de Théodore N. Vail et une seconde fois le jour anniversaire de l'Armistice au moment de la mise en terre du Soldat américain inconnu.

Le brevet initial pris par Bell le 17 mars 1876 est l'un des plus utiles qui aient jamais été déposés.

Réunion annuelle de l'Association amicale des anciens élèves de l'École Supérieure des Postes et Télégraphes. — L'Association des anciens élèves de l'École Supérieure des Postes et Télégraphes s'est réunie en un dîner qui a suivi l'Assemblée Générale annuelle. Un grand nombre de directeurs, d'inspecteurs généraux, de directeurs départementaux, de chefs de bureau, d'ingénieurs, d'inspecteurs et de sous-chefs de bureau. Le Sous-Secrétaire d'État des Postes et Télégraphes était représenté par M. Aussaresses, Chef de Cabinet. MM. Ferrière, Président de l'Association des anciens élèves de l'École Supérieure, directeur des Postes et Télégraphes du département de la Seine, Dennery, Inspecteur général, directeur de l'École Supérieure des Postes et Télégraphes et Aussaresses, Chef de Cabinet ont pris successivement la parole.

M. Ferrière, Président de l'Association amicale des Anciens Élèves de l'École Supérieure :

L'année dernière, à pareille époque, nous avons eu notre première assemblée générale d'après guerre clôturée, comme celle d'aujourd'hui, par un banquet dont M. le Sous-Secrétaire d'État avait bien voulu nous faire l'honneur d'accepter la présidence. Nous regrettons bien vivement qu'une circonstance imprévue, survenue au dernier moment, ne lui ait pas permis de présider encore notre réunion de ce soir, ainsi qu'il nous en avait fait la promesse. Nous n'oublions pas que nous avons à nous acquitter envers lui d'une dette de reconnaissance ; il y a un peu plus d'un an, en effet, l'Association avait appelé son attention sur la situation des rédacteurs-élèves de l'École qui ne paraissaient pas suffisamment récompensés de l'effort sérieux qu'on leur demande ; notre sympathique camarade, M. le sénateur Pasquet, avait d'ailleurs insisté dans le même sens, lors de la discussion du budget au Sénat.

A cette époque il avait bien voulu nous répondre qu'il examinerait la question avec le désir de lui donner une solution favorable. C'est aujourd'hui chose faite et l'arrêté du 23 octobre 1921 donne, sur ce point particulier, satisfaction à nos jeunes camarades qui y trouveront un précieux encouragement. J'ajoute que la mesure, excellente, en elle-même, aura pour effet, par surcroît, de faciliter le recrutement des élèves.

En même temps que cette réforme, le Comité de l'Association avait signalé l'intérêt qui s'attachait à ce que fût améliorée, d'une

manière générale, la situation des fonctionnaires supérieurs des grandes Admininistrations qui ont été quelque peu sacrifiés lors des relèvements du traitement. Nous savons qu'un projet de loi, portant création d'indemnités de fonctions et qui répond à cet objet a été déposé sur le bureau de la Chambre. Nous comptons que M. le Sous-Secrétaire d'État voudra bien l'appuyer de toute son autorité lorsqu'il viendra en discussion.

Mais, en attendant que cette seconde partie du programme aboutisse, il m'est particulièrement agréable de lui adresser les remerciements de l'Association au sujet de l'amélioration déjà réalisée à laquelle j'ai fait allusion tout à l'heure. Je remercie également notre camarade M. Deletete, Directeur du Personnel et de la Comptabilité, qui nous a prêté son précieux concours dans la circonstance ainsi que M. Dennery, Directeur de l'École Supérieure, qui a plaidé notre cause avec beaucoup de chaleur et de conviction lors de notre précédent banquet.

Je suis heureux de saluer ici M. Aussarresses, Chef de Cabinet de M. le Sous-Secrétaire d'État, qui a consenti, avec beaucoup de bonne grâce, à être des nôtres, nous donnant ainsi un témoignage de l'estime dans laquelle il tient notre association. Nous lui demandons de transmettre à M. le Sous-Secrétaire d'État qu'il représente ce soir, nos remerciements en lui faisant part de nos desiderata. J'adresse également tous les remerciements du Comité de l'Association à MM. les Directeurs de l'Exploitation postale, de l'Exploitation télégraphique et de l'Exploitation téléphonique, à MM. les Inspecteurs généraux, qui, s'étant rappelés qu'avant d'être des chefs éminents ils furent de brillants élèves, sont venus se retremper aujourd'hui, si j'ose dire, dans le sein de leur promotion.

Mes chers Camarades,

Nous avons la bonne fortune d'avoir ce soir avec nous, notre ancien Président, M. de Lirac, je vous propose de lui adresser avec nos vœux les plus affectueux de bonne santé, l'expression du vif désir que nous avons de le voir prendre part pendant de longues années encore à nos réunions.

J'ai maintenant le devoir de vous dire quelques mots des camarades, beaucoup trop nombreux hélas, que la mort a frappés au cours

de l'année. Après le décès de notre excellent camarade Villeroy, emporté, encore jeune, par une longue et cruelle maladie et qui laisse parmi nous le souvenir d'un fonctionnaire de haute valeur, de caractère très loyal et très droit, nous avons eu le regret d'apprendre récemment la mort de M. Bazille, un de nos dévoués camarades de l'Association dont il était vice-président il y a à peine un an. Bazille qu'on ne pouvait fréquenter sans devenir son ami tant les relations avec lui étaient agréables et tant était grande l'aménité de son caractère, a succombé au retour d'un voyage sur la Côte d'Azur.

Nous avons eu égalemement à déplorer le décès de notre regretté camarade Moine, sous-directeur, dont la brusque disparition a été vivement ressentie par les nombreux amis qu'il comptait parmi nous ; de notre camarade Pujol, retraité en 1909, comme directeur à Tours ; de notre camarade Roy, ancien receveur principal à Angers, enlevé quelques jours après sa mise à la retraite ; de notre camarade Choffin, inspecteur à Tarbes ; de notre camarade Coppaz, inspecteur à Annecy, un jeune qui disparaît prématurément laissant une veuve et trois jeunes enfants. Enfin deux de nos bons camarades de la huitième promotion dont le décès est tout récent : Girod de Novillars, brusquement enlevé à la veille de jouir d'un repos bien gagné après 42 années de loyaux services, et Sarda, receveur principal à Angoulême, le dernier en date, dont la tombe vient à peine de se refermer. Aux familles de nos regrettés camarades, nous avons adressé en votre nom, nos bien vives condoléances. Nous avons également envoyé une couronne au nom de l'Association chaque fois que nous avons été prévenus en temps utile.

Je dois maintenant vous entretenir, M. le Chef de Cabinet, des aspirations de ceux de nos camarades qui font partie du cadre actif et que vous trouverez tout préparés et tout disposés à aider l'Administration dans la tâche ardue qui consiste à assurer la marche régulière d'un grand service public dont les attributions ne cessent de s'étendre et qui compte presque autant de clients que notre pays compte d'habitants.

L'effort à accomplir est d'autant plus considérable que, d'une part, nous pouvons en faire l'aveu loyalement, nos installations et notre outillage sont à la fois insuffisants et désuets et que, d'autre part, les

nécessités du service et l'absence de crédits suffisants affectés à l'enseignement professionnel nous ont obligés à utiliser presque sans formation un personnel de débutants et de débutantes dont le rendement, en qualité et en quantité, se ressent de cette insuffisante préparation.

Un vigoureux effort est nécessaire pour sortir de cette situation ; il semble que cet effort doit porter, en même temps, sur l'organisation de cours d'apprentissage méthodiques après sélection rigoureuse des unités qui devraient, d'ailleurs, être utilisées suivant leurs aptitudes, et sur le développement et le perfectionnement de l'outillage mécanique.

Sur ce dernier point, en particulier, il faut que nous ayons la franchise de reconnaître que nous ne sommes pas en posture très brillante et que nous n'échapperons aux critiques qu'on nous prodigue volontiers qu'en nous efforçant d'enrayer, par cette méthode, la seule vraiment efficace, à mon sens, l'augmentation de la main-d'œuvre experte, aujourd'hui rare et chère.

Nous avons jusqu'ici invoqué pour justifier notre attitude de recueillement des raisons qui ont aujourd'hui perdu de leur valeur et le moment paraît venu de passer à la réalisation des programmes qui ont eu le temps de mûrir.

Pour récolter il faut semer et si nous voulons développer nos affaires, il nous appartient tout d'abord de nous mettre en état de donner satisfaction aux besoins de notre clientèle ; pour cela, il est essentiel que nous puissions engager des dépenses assez élevées qui se traduiront ensuite par des augmentations de recettes. Cette opération contribuerait, par surcroît, au développement des transactions et au relèvement économique du pays.

Nous sommes tous, comme vous l'êtes vous-même, M. le Chef de Cabinet, profondément pénétrés de cette nécessité et vous pouvez donner l'assurance à M. le Sous-Secrétaire d'État qu'il ne fera pas en vain appel au concours des brevetés pour l'aider dans l'accomplissement de cette tâche essentielle. Ils y sont préparés par leurs études antérieures, ils ne sont pas de ceux que les méthodes nouvelles d'organisation scientifique du travail peuvent effrayer et ce n'est pas de leur côté qu'il trouvera des résistances au développement du machinisme qu'il faut délibérément envisager aujourd'hui, dans toutes les branches

de l'exploitation et dans tous les domaines, — même en matière de comptabilité, — comme le moyen le plus souple, le plus sûr et le plus économique de faire face à l'accroissement constant du trafic auquel nous devons nous attendre.

Je m'excuse d'avoir abordé un sujet aussi grave dans un banquet amical auquel assistent de nombreux camarades retraités, c'est-à-dire retirés des affaires —, je n'ajouterai pas « après fortune faite », car personne n'ignore qu'au service de l'État le fonctionnaire n'est pas riche, — mais j'ai la conviction que mes camarades retraités ne m'en garderont pas rancune car ils font encore partie malgré tout, de la maison et rien de ce qui intéresse son avenir ne peut les laisser indifférents. Ils nous ont passé le flambeau que nous passerons à notre tour aux jeunes promotions qui nous succéderont dans la carrière. Ainsi se trouvera assuré le maintien des traditions indispensable dans une grande administration comme la nôtre.

Toutefois, mes chers camarades, et c'est par cette recommandation que je veux terminer, ne perdons pas de vue « l'autre danger » et faisons en sorte que ce sentiment de pérennité dont il est nécessaire que nous soyons pénétrés quand nous entreprenons des travaux de longue haleine, ne nous porte pas à attendre la solution idéale, celle que nous n'aurons jamais ou qui nous conduirait à laisser une question indéfiniment en sommeil comme la « Belle au Bois Dormant ». En un mot et pour conclure, sachons être des réalisateurs.

M. Dennery, Inspecteur général, Directeur de l'École supérieure :

Depuis quelque temps, des manifestations fréquentes émanant de milieux très différents, se produisent contre l'exploitation, par l'État, des Télégraphes, des Téléphones et même de la Poste.

Le principal argument qu'on nous oppose est notre manque de techniciens.

En comparant le nombre faible de nos brevetés et de nos ingénieurs, au contingent énorme de techniciens qui se comptent par milliers dans les offices étrangers nous devons reconnaître que cette critique n'est pas dénuée de fondement.

Comment espérer l'étude, puis la réalisation de perfectionnements

importants, dans l'outillage, dans les méthodes d'exploitation si l'Administration ne dispose pas d'un nombre suffisant de techniciens expérimentés ?

Le seul moyen de remédier à cette situation est, évidemment, d'ouvrir grandes les portes de l'École, et d'y admettre des promotions exceptionnellement nombreuses.

M. le Sous-Secrétaire d'État s'est immédiatement rendu compte de l'importance de ces considérations.

Il a appuyé de toute son autorité les projets de recrutement d'élèves et, à ce point de vue, il restera un bienfaiteur de l'École.

L'École, centre d'études et de perfectionnements, devient ainsi un des facteurs importants de la rénovation des Postes et Télégraphes. Cette rénovation peut parfaitement se faire, sans qu'il y ait abandon du monopole de l'État.

De cela vous êtes d'ailleurs tous convaincus d'avance.

Et votre opinion à ce sujet est parfaitement désintéressée, puisque vous savez (on vous l'a fait miroiter) qu'une fois à l'Industrie, vous rempliriez forcément des fonctions importantes, vous recevriez des traitements supérieurs aux traitements modiques que vous alloue l'État.

Ce désintéressement est une force de plus !

Je sais bien que les partisans de l'exploitation privée citent l'exemple de services étrangers.

Mais s'il est exact que certaines Compagnies téléphoniques étrangères procurent un service remarquable, il est non moins exact que, dans de grands pays, l'État a conservé le monopole des Téléphones et des Télégraphes et obtient des résultats tout à fait comparables à ceux des compagnies privées.

Une mission d'un professeur de l'École vient, récemment encore, d'en apporter le témoignage formel.

Les renseignements qu'il a recueillis, qui seront publiés, prouvent que, dans les pays où l'État exploite les téléphones d'une façon judicieuse, il emploie les méthodes d'une industrie privée bien menée, et compte dans son personnel des techniciens en grand nombre, instruits, très bien rétribués.

Je dis industrie bien menée, parce que industrie n'équivaut pas forcément à bonne gestion.

Notre administration possède les éléments de recrutement de ces techniciens accomplis.

Nous savons tous qu'on trouve dans nos moindres bureaux de poste, des agents, des commis doués d'une intelligence remarquable, ayant le goût de la technique qui sont ignorés, parfois perdus au fond de la province, mais qui ne demandent qu'à s'instruire, qu'à rendre à l'Etat des services toujours plus grands.

Envers eux, l'Administration a un devoir : c'est d'abord de les connaître, ensuite de les faire émerger.

Le moyen ? C'est tout en maintenant très élevé le niveau des études, de leur ouvrir les portes de l'École, pépinière des futurs chefs de l'Administration.

La formation de l'École donne d'ailleurs les qualités morales qui font les véritables chefs : le caractère, le goût des responsabilités, le respect absolu de la parole donnée et le sens de la collaboration.

Le travail en commun pendant 2 ans, la camaraderie qui règne parmi les anciens élèves sont l'origine d'un excellent esprit de corps.

C'est pour moi un devoir agréable d'adresser conjointement avec M. Ferrière à Monsieur le Sous-Secrétaire d'État, les remerciements de l'École pour les avantages nouveaux accordés aux brevetés.

En accordant ces avantages M. le Sous-Secrétaire d'État Paul Laffont a accompli un acte de justice envers les agents qui ont fourni un labeur considérable. En même temps augmentant pour la masse du personnel l'intérêt de passer par l'École, M. Paul Laffont a servi la Nation conformément aux idées démocratiques auxquelles nous sommes tous attachés.

M. Aussaresses, Chef de Cabinet de M. le Sous-Secrétaire d'Etat des Postes et Télégraphes, présente les excuses de M. le Sous-Secrétaire d'Etat délégué en province par le gouvernement à l'issue du conseil de cabinet de ce matin. Il s'associe à l'hommage rendu par le Président aux morts de l'Association et à son ancien Président M. de Lirac. Il poursuit en ces termes :

M. Ferrière vient de parler très judicieusement de clientèle commerciale et d'industrialisation de notre outillage et de nos méthodes. M. Dennery vient d'affirmer les droits du monopole. Industrie et

monopole ! Comment concilier ces frères apparemment ennemis ? Entre ma droite et ma gauche, Messieurs, la position paraît intenable et n'était la parfaite aménité de mes deux aimables voisins, j'en pourrais concevoir quelques craintes.

Le commerçant, Messieurs, choisit ses clients ; il soigne les bons, il élimine les mauvais. Il a sur eux plus de droits qu'ils n'en ont sur lui. Nous, au contraire, tous les citoyens sont nos clients ; chacun d'eux a le droit d'exiger son courrier à heure fixe ; chaque collectivité département ou commune, a le droit d'exiger son circuit téléphonique dès qu'elle a voté ses fonds de concours. Impossible de nous soustraire à leurs exigences impératives ; bien plus, c'est pour l'État un devoir d'assurer les relations de tous les citoyens entre eux et avec tous les pays du monde et d'équiper villes et campagnes de telle façon qu'elles puissent soutenir avantageusement la lutte économique. Ce devoir de l'Etat vis-à-vis de la démocratie voilà le cœur même du monopole.

Pour défendre une place assiégée, la première manœuvre consiste à évacuer les bouches inutiles. Je conviens avec vous, M. Ferrière, qu'il y a dans la citadelle du monopole des bouches inutiles, qu'il n'est pas de l'essence du monopole de construire des meubles et des immeubles, ni d'assurer une infinité d'opérations extrapostales qu'il serait trop long d'examiner. Ces opérations ressortissent à l'industrie. Le rôle de l'Etat n'est pas de les lui souffler, de lui ôter le pain de la bouche, surtout par ces temps de crise économique. Il lui appartient au contraire de pourvoir normalement à sa subsistance pour le bien général de la Nation, en lui donnant l'aliment de ses commandes. C'est en rendant à ce « César » de l'industrie ce qui est de son domaine que nous pourrons laisser au « Dieu » du monopole ce qui lui revient.

Industrialiser la Poste, ce n'est donc pas céder à l'industrie tout une partie du monopole, c'est au contraire alléger d'abord le monopole de ce qui n'est pas de son ressort. C'est ensuite et surtout appliquer au monopole l'outillage et les méthodes de l'industrie.

M. Aussaresses expose ensuite les grandes lignes des quatre projets de loi sur l'autonomie financière, l'autonomie administrative, les travaux et les tarifs, déposés par M. le Sous-Secrétaire d'Etat.

Telle est, dit-il, l'œuvre qu'entend poursuivre avec votre collaboration M. le Sous-Secrétaire d'Etat. A ces divers éléments de la vie postale, il convient d'infuser un esprit nouveau, un esprit moderne, un esprit ingénieux, l'esprit en un mot, qui anime l'Ecole supérieure des Postes et Télégraphes. L'administration industrialisée ouvre de larges perpectives aux élèves de l'École. Au développement du machinisme dans l'exploitation doit correspondre un enseignement technique et professionnel, à tous les degrés de la hiérarchie administrative. A l'application des méthodes industrielles doit correspondre une organisation des cadres, établie selon les principes mêmes des sciences expérimentales, à base de statistiques, d'analyses très poussées de tous les moments du travail, de tous les mouvements de l'esprit et du muscle, ainsi qu'il est pratiqué dans les grandes affaires de ce pays des Etats-Unis qui demeure pour nous un véritable professeur d'énergie bien ordonnée. Plus minutieuse, plus rationnelle est l'organisation du travail, plus simple, plus facile, plus économique et plus rémunératrice en est l'exécution. Ce rôle d'organisateurs, c'est le vôtre, Messieurs , c'est à votre École à le tenir. Je ne doute pas qu'elle n'y excelle : votre passé garantit votre avenir.

M. Aussaresses termine en rappelant un souvenir personnel :

« Il est à Toulouse, sur un de ces ravissants hôtels de brique rose que nous a légués la Renaissance, une inscription latine digne de l'antiquité : « Vivitur ingenio, cœtera mortis erunt ». « La vie, c'est l'esprit ; le reste, c'est la mort ». Oui, Messieurs, c'est par l'esprit, par l'initiative, par l'ingéniosité qui fait les ingénieurs, les inventeurs, les chefs, qu'une entreprise, qu'une administration, qu'une nation vit et prospère. Le reste, c'est l'inertie, c'est la matière qui attend au point mort le levier animateur qui la mettra en mouvement. Les masses n'ont de valeur que par les élites qui les meuvent. C'est à former ces élites que s'emploie votre École, avec un succès dont notre réunion de ce soir est le vivant témoignage. Puisse-t-elle persévérer dans cette voie pour le bien de la démocratie et de la République.

La carrière administrative de l'Ingénieur en Chef du Post Office britannique Sir William Noble. — *Un ingénieur du Post Office britannique a eu l'amabilité de rédiger pour*

les « Annales » les notes suivantes sur la carrière de Sir William Noble, qui vient de prendre sa retraite. La Commission des Annales s'associe aux éloges qu'elles contiennent. Elle y ajoute ses regrets de voir Sir William quitter son poste, regrets que seule atténue la certitude d'avoir en M. le Major Purves, successeur de Sir Noble, un éminent ingénieur et un sincère ami de la France.

Le 31 mai 1922, un des Ingénieurs en Chef qui ont le mieux réussi dans leurs fonctions, a cessé son service. Sir William Noble emporte avec lui les regrets et les vœux de tout le personnel technique du Post Office britannique.

Sir William avait adopté comme tactique d'ouvrir toute grande la porte de son bureau à son personnel : ce fut un des secrets de sa réussite. Aucun Ingénieur en Chef n'a été plus facilement abordable ; aucun n'a connu personnellement et intimement un aussi grand nombre de subordonnés. Sa pénétration pour juger les hommes, était prodigieuse ; avant tout, son personnel lui inspirait une profonde sympathie ; nombreux sont ceux qui lui doivent d'avoir réussi leur carrière, grâce à son habileté à les utiliser au mieux de leurs aptitudes. Sir Noble est aussi un homme d'affaires avisé qui sait que le succès d'un grand service public doit se mesurer aux résultats tangibles et que les réalisations sont fonction du caractère et des capacités des hommes. Il n'y eut jamais une seule sinécure dans ses services.

Avant le rachat des téléphones à la « National Telephone Cy », il avait été nommé délégué technique à la Commission du transfert du personnel ; il s'agissait de régler l'incorporation du personnel de l'ancienne compagnie dans les cadres du Post Office. Cette mission spéciale devait donner à Sir William l'occasion de connaître un grand nombre de fonctionnaires de tous grades ; les renseignements ainsi recueillis lui furent d'un grand prix pour le maniement du personnel.

En 1902, Sir William Noble fut nommé Sous-Ingénieur en Chef. Après le rachat, le personnel technique était trois fois plus nombreux qu'auparavant et le nouvel assistant entreprit immédiatement la fusion des cadres techniques pour en faire un tout homogène. Sa tâche fut grandement facilitée par la connaissance qu'il avait

acquise des anciens employés de la Compagnie dans le district de Londres et au cours des séances de la Commission du transfert du personnel. La fusion des deux effectifs s'effectua avec le minimum de récriminations de part et d'autre. Par suite de la situation financière de l'ancienne compagnie arrivée au terme de son contrat, le développement des téléphones avait marqué un temps d'arrêt et il y avait fort à faire pour rattraper le temps perdu. Les services techniques se rendirent pleinement compte de leurs responsabilités ; les deux années qui suivirent furent marquées par une très grande activité. On éleva partout de nouveaux centraux ; on construisit des réseaux souterrains dans presque tous les grands centres industriels ; on remplaça les lignes et les installations par trop vieilles ; on réalisa et commença de construire un vaste réseau de lignes interurbaines souterraines. Malgré les plaintes sur la détérioration du service, que les journaux représentaient « comme une conséquence de la main-mise de l'Etat sur une entreprise florissante », le service téléphonique s'améliorait de jour en jour : la durée d'attente diminuait progressivement ; de même pour le nombre des faux appels et des communications coupées ; enfin, les délais d'établissement des communications interurbaines cessèrent pratiquement d'exister. Il n'est pas exagéré de dire que, sans la guerre, le service téléphonique anglais pourrait rivaliser aujourd'hui avec celui des Etats-Unis. L'avance des armées allemandes en août 1914 interrompit pratiquement le développement pacifique des communications en Angleterre. Le personnel des services techniques se trouva réduit de moitié ; toutes les ressources du Post Office et de ses fournisseurs servirent à la fabrication du matériel de guerre. Les succès remportés par le Signal Corps anglais sont dus, pour une large part, à l'esprit d'initiative et de décision des fonctionnaires des services techniques qui, dès le début des hostilités, mirent leur compétence et leur matériel à la disposition du Ministre de la Guerre.

En 1919 Sir William Slingo prit sa retraite. M. Noble lui succéda. Cette promotion emporta les suffrages de l'ensemble du personnel qui avait reconnu en leur nouveau chef un homme éminemment démocratique dans ses sympathies et fermement convaincu qu'en

traitant les hommes comme il convient on pouvait tout exiger d'eux. Un des plus remarquables tributs qu'on doit rendre à la réussite de Sir Noble pendant qu'il occupait son poste d'Ingénieur en chef, est que l'industrie téléphonique n'a connu aucun trouble, n'a été disloquée par aucun conflit.

Plus récemment, Sir Noble s'est particulièrement signalé à l'attention du public par l'ardeur qu'il a apportée dans la défense des services téléphoniques de l'Administration. Il n'a jamais perdu une seule occasion de combattre les informations tendancieuses colportées par une partie de la presse depuis l'armistice. C'est un causeur plus sérieux que brillant, mais sa sincérité est plus convaincante qu'une éloquence banale. Il est vraisemblablement l'Ecossais le plus répandu à Londres aujourd'hui si l'on excepte les Parlementaires ; et, il se pourrait bien qu'on n'ait plus à faire cette restriction d'ici peu.

Il ne serait pas mauvais de signaler en passant le développement remarquable des services télégraphiques et téléphoniques au cours des dernières décades, période qui coïncide précisément avec la durée des services de Sir William Noble. Il n'existe pas dans le monde une industrie qui ait grandi aussi vite, qui frappe autant l'imagination, qui soit plus riche en possibilités d'avenir que l'industrie électrique ; et, dans le domaine des communications électriques, pris en particulier, il est vrai de dire que personne en Angleterre n'a fait plus pour le développement de la science des communications électriques que l'Ingénieur en Chef qui vient de quitter le Post Office.

Lorsque Sir Noble fut promu Ingénieur en Chef, le nombre des câbles télégraphiques souterrains était très réduit. Après une violente tempête, les services télégraphiques étaient compromis au grand dommage des affaires. Aujourd'hui, il existe un réseau très étendu de câbles télégraphiques souterrains qui relient Londres aux principales villes du Nord de l'Angleterre, Glasgow et Edimbourg comprises.

Pour améliorer les communications avec les pays d'Outre-Mer des câbles ont été construits entre la capitale et la plupart des points d'atterrissage des câbles sous-marins. Le plus long de ces

câbles souterrains est celui qui part de Land's End et qui écoule les câblogrammes en provenance ou à destination des pays Outre-Atlantique. D'autres lignes souterraines allant vers le sud, ont été posées pour écouler le trafic sur câbles sous-marins entre l'Angleterre d'une part, la France et la Belgique d'autre part. Prochainement, un service aussi sûr fonctionnera entre l'Angleterre et la Hollande et l'Allemagne.

Les câbles télégraphiques souterrains actuellement en service en Angleterre ont une longueur totale de 2.480 kilomètres environ ; la longueur de leurs circuits est approximativement de 244.500 kilomètres. Progressivement, ces chiffres seront encore augmentés. On compte aujourd'hui 3.700 kilomètres de câbles téléphoniques, (dont les circuits ont une longueur totale de 400.000 km.) pour le seul service interurbain. Ces câbles rayonnent autour de Londres dans toutes les directions ; au nord, vers Birmingham, Manchester, Liverpool et Leeds ; ils seront incessamment prolongés vers Newcastle et éventuellement jusqu'à Edimbourg et Glasgow. Au sud, les câbles sont dirigés sur Tunbridge Wells, Douvres, Brighton, etc... Un câble Londres-Southampton est en construction ainsi que deux autres pour desservir Bristol et Cardiff. Il y a quelques années, les communications sur câbles souterrains n'étaient guère possibles au-delà de 1600 kilomètres. Aujourd'hui, grâce aux bobines Pupin et aux relais téléphoniques ou répéteurs, aucune limite n'est imposée, en ce qui concerne l'Angleterre du moins.

Concours d'admission des rédacteurs-élèves à l'Ecole supérieure des Postes et Télégraphes. Questions écrites (1922). — *Composition française*. — Un moraliste a dit :

« Tout homme qui s'acquitte supérieurement de sa tâche est un homme supérieur ».

Cette opinion vous paraît-elle juste et pour quelles raisons ?

Géographie. — Quelles sont les principales régions industrielles de la France ?

Description sommaire. — Importance de chacune de ces régions.

Mathématiques. I. — Calculer le premier terme x et la raison y



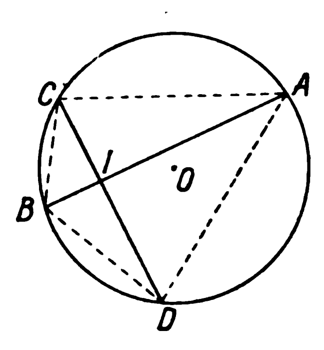
d'une progression arithmétique, sachant que, quel que soit n, la somme de ses n premiers termes est égale à $3n^2 + n$.

II. — Pour quelles valeurs de m l'équation

$$2x^2 - 2(2m + 1)x + m(m + 1) = 0$$

a-t-elle 2 racines x', x'' telles que l'on ait $x' < m < x''$?

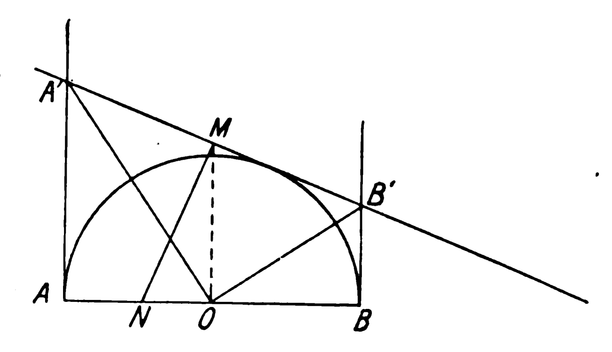
III. — On donne un cercle O de rayon R et un point I, à l'intérieur. Par ce point I on mène 2 cordes rectangulaires quelconques AB, CD.



1° Démontrer que la perpendiculaire menée par I à l'un quelconque des côtés du quadrilatère A C B D passe par le milieu du côté opposé.

2° La droite joignant les milieux de 2 côtés opposés passe par le milieu de O I.

3° Prouver que $(\overline{AC}^2 + \overline{BD}^2 = 4R^2.)$



IV. — On donne un demi-cercle de diamètre $AB = 2R$, on

mène les tangentes en A et B, puis une tangente quelconque qui coupe les précédentes en A′ et B′.

1° Démontrer que $A A' \times B B' = R^2$.

2° On imagine que la figure tourne autour de A B ; en supposant $A A' = 2 B B'$, évaluer en fonction de R le volume engendré par le triangle O A′ B′, O étant le milieu de A B, et l'aire de la surface engendrée par A′ B′.

3° En déduire la longueur de la perpendiculaire menée à A′ B′ en son milieu jusqu'à A B (c'est-à-dire M N).

Physique. I° — Définition générale d'un champ magnétique ; étude du champ magnétique d'un solénoïde ou bobine longue ; comparaison des propriétés générales des solénoïdes et des aimants.

II°. — Dilatation des solides, coefficients de dilatation, applications.

Chimie. I° — Quels sont les éléments constitutifs de l'air et comment peut-on en déterminer les proportions ?

II° — Acétylène.

Service postal. — I° Rappeler les dispositions relatives au retrait des objets de correspondance et aux rectifications d'adresse dans le régime intérieur et dans le régime international.

II° — Echantillons. Objets admis à circuler comme échantillons dans le régime intérieur et dans le régime international ;

Conditionnement des envois. — Limites de poids et de dimensions. Taxe.

Service électrique. — Service télégraphique. — Télégrammes en compte. — Différentes catégories. — Provision ou dépôt de garantie. — Registre 1398. — Etat 1370. — Ecritures mensuelles. — Remboursement du reliquat.

Service téléphonique. — Transferts. — Limiter le sujet en répondant aux questions ci-après :

Définition. — Transfert de réseau à réseau. — Conditions de fourniture de la nouvelle ligne pour *poste principal* dans :

1° Réseaux de Paris et de Lyon ; 2° autres réseaux forfaitaires ; 3° réseaux à conversations taxées.

Utilisation pratique, en Allemagne, des transmissions radiotéléphoniques. — Le *Postnachrichtenblatt* du 1er novembre dernier annonce la mise en service prochain d'un service radiotéléphonique de circulaires économiques. Les travaux d'installation de ce service sont actuellement en cours; il permettra de transmettre simultanément à tous les négociants qui le désirent (banques etc...) certains renseignements économiques généraux (bulletins de bourse, mercuriales, etc...). Le transmetteur radiotéléphonique nécessaire sera établi au poste principal de Königswusterhausen, qui recevra les nouvelles téléphoniquement du poste central de Berlin. Les appareils récepteurs de renseignements seront établis directement chez les intéressés. Les nouvelles seront données à des heures fixes et sans signal d'appel préalable ; on les recevra dans un appareil téléphonique ordinaire, en tournant un commutateur et décrochant le récepteur ; le service ne nécessite pas une instruction particulière. Les transmissions du poste récepteur au poste central sont impossibles.

L'administration se charge seulement de l'exécution de la partie technique (y compris l'installation et l'entretien des postes d'abonnés sans fil). C'est le « Service rapide de renseignements commerciaux officiels et privés », société anonyme, qui se charge de communiquer les renseignements économique généraux aux abonnés.

L'administration des Postes se fait payer, comme loyer annuel pour un appareil récepteur, 4000 marks (y compris les frais d'installation et d'entretien). Les taxes pour les renseignements, frais de transmission, etc... sont à payer à la « Société du Service rapide ». Leur montant n'est pas encore fixé définitivement ; il sera réglé d'après le nombre d'abonnés.

Constatation, par le professeur Austin, de l'infériorité de rendement, en temps de paix, des stations de T.S.F. à grande puissance. — Dans un article sur les communications radiotélégraphiques à longue distance (*Journal of the Franklin Institute* : avril 1922), M. Austin fait la constatation suivante :

« Dans un précédent article sur les améliorations réalisées pendant la guerre en ce qui concerne la réception en Amérique des signaux

émis en Europe, j'avais annoncé que l'emploi de la réception à sens unique avait réduit le temps pendant lequel, en un an, une puissante station comme Nauen ne pouvait être entendue en Amérique, *de 2000 à 100 heures environ*. Ceci a malheureusement cessé d'être vrai. Les résultats merveilleux obtenus en 1918 étaient dus à l'enthousiasme et au dévouement patriotique des jeunes opérateurs (des amateurs, pour la plupart) qui a Otter Cliffs, s'efforçaient de distinguer à tout prix les signaux utiles des signaux parasites. On ne saurait exiger pareil zèle de la part des opérateurs qui assurent le service en des heures moins critiques. »

Pont à courant alternatif pour la mesure des résistances apparentes des câbles téléphoniques. — Dans son numéro du 6 avril 1922, l'*Elektrotechnische Zeitschrift* publie un intéressant article de MM. Küpfmuller et Thomas, relatif à la mesure des résistances apparentes des câbles téléphoniques. En voici le résumé :

Lorsqu'on peut mesurer la résistance apparente, en courant alternatif des câbles téléphoniques, il est avantageux de recourir à la méthode du pont de Wheatstone. Mais, dans le cas de câbles en service, on se heurte à certaines difficultés d'ordre pratique. On peut alors tourner la difficulté en utilisant une résistance auxiliaire qui donne à l'appareil de mesures une capacité nulle par rapport à la terre. Les mesures faites d'après cette variante de la méthode de Wien montrent qu'il est possible de calculer très exactement la capacité et les pertes par dérivation des portions souterraines des câbles téléphoniques. Le dispositif se prête également bien aux mesures faites sur des sections isolées de câbles déjà en service.

Téléphone et cinématographe. — D'après un journal de Baltimore (« *The Sun* »), les frais d'installation et d'exploitation d'un réseau téléphonique équipé pour tourner le film intitulé : *La Reine de Saba*, se sont élevés à plus de 18.000 dollars. On avait posé environ 13 kilomètres de circuits qui permettraient au metteur en scène de faire évoluer des milliers de figurants.

En ce qui concerne les mouvements des troupes et des masses populaires, le régisseur était secondé par cinquante capitaines qui recevaient des instructions transmises directement par téléphone d'un « quartier général ».

Vingt-cinq ouvriers avaient passé deux mois à installer les appareils, à poser et raccorder les conducteurs qui aboutissaient à un central en miniature desservi par huit téléphonistes.

Le câble téléphonique souterrain Londres-Manchester. — On annonce la mise en service du câble téléphonique souterrain Londres-Manchester destiné à améliorer sensiblement les relations entre la capitale et les grandes villes industrielles du nord de l'Angleterre. Dans l'ensemble, les travaux ont duré presque deux ans. C'est le premier câble anglais à longue distance qu'on ait muni de relais téléphoniques ; ceux-ci ont permis d'abaisser le poids des conducteurs à 18 kgs. 160 par mile (1609 m.). Les câbles antérieurement posés avaient un poids moyen de 135 kgs. par mile.

Les travaux de construction du câble Londres-Bristol-Galles du Sud et de plusieurs nouveaux câbles, appelés à desservir la côte méridionale de l'Angleterre, sont à la veille d'être terminés.

Une téléphoniste aveugle. — Il existe dans la ville de Virginie (État du Nevada, célèbre par ses mines d'or et d'argent) une téléphoniste aveugle dont l'habileté est proverbiale, et dont la douceur et le caractère enjoué sont cités en exemple. Mlle Susie J. Davis dessert 185 abonnés ; elle donne en moyenne 800 communications urbaines et 50 communications interurbaines par jour.

Nouveaux câbles sous-marins italiens. — Un décret inséré dans la *Gazetta Ufficiale* du 27 janvier approuve et rend exécutoire une convention passée le 12 septembre 1921 par le Gouvernement italien et la « Compagnie Italienne de câbles sous-marins » au sujet de la pose, de l'exploitation et de l'entretien par cette compagnie de deux câbles sous-marins, dont l'un doit relier l'Italie à l'Argentine par le Brésil et l'Uruguay, et l'autre, l'Italie à la Grèce, par Brindisi et la baie de Butrinto (en face de l'île de Corfou).

Le second de ces câbles doit être posé en deux ans, le premier en trois ans, à dater du jour de l'approbation de la convention; des pénalités seront imposées à la compagnie en cas de retard, un retard de trois ans pouvant même provoquer l'annulation de la convention.

Le câble italo-américain est de beaucoup le plus important, car il sera le premier de ce genre établi entre l'Italie et l'Amérique du Sud, et permettra par suite à l'Italie de régler ses transactions commerciales d'outre-Atlantique sans avoir à passer par l'intermédiaire de câbles étrangers, comme elle était obligée de le faire jusqu'à présent.

En vue d'assurer une complète indépendance à la Compagnie, il a été décidé qu'elle ne comprendrait que des Italiens; son capital a été souscrit presque entièrement par des Italiens de la République Argentine.

La convention est conclue pour 50 ans pendant lesquels le Gouvernement italien s'engage à n'accorder à aucune autre entreprise l'autorisation de poser des câbles sous-marins directs entre les côtes de l'Italie et de l'Argentine, ce qui équivaut en somme à instituer un monopole des communications télégraphiques sous-marines italo-argentines au profit de la Compagnie signataire.

Les tarifs applicables au transport des dépêches seront fixés d'un commun accord par la Compagnie et l'administration postale et exprimés en francs-or, conformément aux dispositions de la convention internationale de Lisbonne. Les télégrammes officiels bénéficieront d'une réduction de 50 %.

Bien que la pose d'un câble entre l'Italie et l'Argentine soit un travail de longue durée, on espère fermement en Italie que l'opération sera terminée avant la date prévue (27 janvier 1925).

Bobines Pupin sur circuits combinés. — Pour des raisons d'économie, les circuits d'un gros câble téléphonique ne sont, en général, pas tous pupinisés au début. Toutefois, il est d'usage courant (et ce procédé a été reconnu avantageux) de pupiniser les circuits combinés lorsque les combinants sont pupinisés pour un grand nombre de circuits donné. Un ingénieur anglais a constaté combien était laborieuse la mise en place des bobines de charge sur les circuits combinés d'un câble dont les combinants étaient déjà pupi-

nisés. On avait dû, après mesure des mélanges apparents de conversation, choisir un mode de combinaison approprié parce qu'il avait été impossible, à cause de la guerre, de pupiniser simultanément les circuits combinants et les combinés. Dans un laboratoire bien équipé, il est très facile de calculer exactement à l'avance, la manière de procéder pour réduire le plus possible les phénomènes de « cross-talk ». Sur le terrain, les calculs sont plus difficiles et ne peuvent être effectués avec la même précision.

Exploitation par l'Etat de la communication à grand rendement par T. S. F. entre Berlin et Londres. — La liaison par T. S. F. exploitée par appareil Wheastone entre Berlin et Londres fonctionne habituellement chaque jour de trois à 8 heures de l'après-midi. Le poste transmetteur radiotélégraphique de Berlin est la Station d'État de Königswusterhausen. Ce poste possède un émetteur à lampes constitué par 8 gros tubes de 1.5 kw chacun. Le poste radiotélégraphique anglais est situé à Stonehaven et possède seulement un émetteur à arc.

L'isolateur double cloche en verre adopté définitivement par les Américains. — Les Américains ainsi que les Anglais avaient constaté que les isolateurs à simple cloche en verre, utilisés sur les lignes à longue distance, étaient loin d'être satisfaisants. De nombreux essais faits avec des isolateurs double cloche en porcelaine ont permis aux ingénieurs des États-Unis de constater qu'avec une deuxième cloche, les isolateurs en verre conviendraient sur les lignes à longue distance, et ont conduit à l'adoption de l'isolateur double cloche en verre comme standard sur les longues lignes interurbaines.

Lignes de groupes d'abonnés. — Aux États-Unis, une même ligne téléphonique dessert souvent deux ou quatre abonnés. Ce système économique jouit de la faveur des petits usagers. Les lignes desservant quatre abonnés sont munies d'appareils sélecteurs d'appels, il n'y a aucun inconvénient à y échelonner plusieurs postes

privés. Dans les régions agricoles, il n'est pas rare que vingt fermes soient embrochées sur la même ligne téléphonique ; parfois même on en compte davantage. La qualité de la transmission est telle qu'on peut causer à longue distance à partir de n'importe quel poste privé.

Publicité téléphonique. — Les Américains et les Suédois ont reconnu de longue date la nécessité de renseigner les usagers et le public en général sur la nature du service téléphonique et sur les nombreux avantages qu'il procure. La publicité active et systématique faite à propos des téléphones aux États-Unis est pour beaucoup dans leur prodigieux développement. Pour renseigner le public à domicile sur les avantages du téléphone, les exploitations téléphoniques poursuivent de véritables campagnes de propagande qui provoquent de très nombreuses demandes d'abonnement.

Standardisation d'appareils téléphoniques à intercommunications. — On sait que la différence entre les appareils téléphoniques à intercommunications et les appareils téléphoniques ordinaires consiste en une adjonction d'organes et un câblage qui permettent à chaque appareil à intercommunications faisant partie de l'installation particulière envisagée d'appeler lui-même les autres postes supplémentaires de cette installation ou bien le réseau de l'État sans avoir à passer par l'intermédiaire d'aucun préposé au téléphone ni d'aucun commutateur central.

L'Administration allemande utilise des types standardisés d'appareils téléphoniques à intercommunications, lesquelles sont classées en deux catégories : A) jusqu'à trois lignes au réseau et 16 postes intérieurs ; B) de 4 à 6 lignes au réseau et 31 postes intérieurs. Dans la catégorie A les postes supplémentaires sont montés en série sur les lignes du réseau ; dans la catégorie B ils sont montés en dérivation.

Dans les réseaux à B. C., l'alimentation des microphones des postes supplémentaires se fait normalement, pour la catégorie A, par la ligne au réseau, sauf circonstances pouvant justifier une alimentation

par une source locale. Pour la catégorie B, les microphones sont alimentés par une batterie locale, mais cette batterie peut être chargée par le bureau de l'État à travers les lignes au réseau.

Il existe aussi un type standardisé d'appareils téléphoniques à intercommunications pour réseaux de téléphonie automatique.

TRIBUNE DES ABONNÉS

Question 8. — Pourquoi n'emploie-t-on pas la batterie centrale dans les petits réseaux ruraux ?

Réponse. — Moyennant une bonne révision des lignes aériennes dont l'isolement ne doit pas descendre au-dessous d'une certaine valeur dans l'exploitation à batterie centrale, il n'y a aucune raison technique qui s'oppose à l'introduction de la batterie centrale dans les petits réseaux ruraux. L'introduction de la téléphonie automatique dans ces petits réseaux y rendra d'ailleurs obligatoires les batteries centrales. Il y a presque partout des secteurs électriques pour charger la batterie et les tableaux de charge peuvent être manipulés par des mécaniciens en tournée, un dispositif automatique permettant d'arrêter la charge de la batterie lorsqu'elle est remontée à la tension nécessaire. Ceci permettra la suppression presque générale des piles, d'où une grosse économie annuelle.

*
* *

Question 9. — On emploie dans des pays étrangers, pour l'appropriation à la télégraphie des circuits téléphoniques, le procédé qui consiste à séparer les deux sortes de communications respectivement par des selfs et par des condensateurs. Ce procédé présente-t-il une supériorité sur le procédé employé en France?

Réponse. — Le procédé étranger visé dans la question donne d'excellents résultats mais le réglage des selfs et des condensateurs doit être très minutieusement effectué si l'on veut que le téléphone ne soit pas gêné par le télégraphe. Le procédé du transformateur différentiel employé en France est d'un réglage plus facile, néanmoins le rendement télégraphique du procédé français est moitié moindre que celui de l'autre. D'ailleurs le système à condensateurs et amortisseurs a été mis récemment en service entre Paris et Rouen.

*
* *

Question 10. — Existe-t-il dans le commerce de bons paratonnerres à néon ?

Réponse. — Les paratonnerres à néon possèdent la qualité précieuse que l'on peut les régler avec assez de précision pour fonctionner sous une tension explosive donnée. Malheureusement si l'ampoule à néon n'est pas parfaitement fermée elle se remplit peu à peu d'air et le paratonnerre perd les qualités qu'on suppose qu'il possède. Il existe dans le commerce quelques modèles bien construits, mais il est toutefois prudent, si on veut les employer, de vérifier de temps en temps leur remplissage en néon.

*
* *

Question 11. — Est-il plus économique de construire les lignes téléphoniques en câbles ou en fils sur poteaux ?

Réponse. — En construisant les grosses artères téléphoniques en câble on peut leur donner une capacité bien supérieure à celle que pourrait avoir une seule nappe de fils nus portés par des poteaux, on peut employer des fils de plus petit diamètre car ils ne sont plus soumis à des effets mécaniques continuels, on se met à l'abri de beaucoup de dérangements qui surviennent au jour le jour sur les lignes en fil nu, on a une résistance d'isolement bien constante; bref, on réalise, pour de grosses artères, une économie dans la construction et l'entretien et, de plus, l'exploitation devenant de meilleure qualité, on augmente le rendement des lignes et l'on peut diminuer l'effectif de la main-d'œuvre d'entretien. La pose de câbles permet de récupérer les fils de lignes aériennes. En résumé, la pose de câbles à grande distance conduit à une très grosse économie pour l'État tout en permettant un service sûr et rapide.

*
* *

Question 12. — Ne pourrait-on pas munir les bouchons des coupe-circuits d'un système pour signaler que le fil fusible a fondu ?

Réponse. — Les coupe-circuits du modèle téléphonique contiennent un fil fusible extrêmement fin car ils sont calibrés pour obtenir la

fusion instantanée sous l'intensité de courant indiquée sur le bouchon. La commande d'un dispositif de signalisation par un fil aussi ténu est très difficile à réaliser ; néanmoins, on a déjà procédé à des essais et il est probable que la réalisation pourra intervenir.

***

Question 13. — En quoi consiste le « dispatching system » des trains par le téléphone ?

Réponse. — Le « dispatching system » des trains par le téléphone consiste en la commande de toutes les circulations de trains sur une ligne à partir d'un seul poste central. A cet effet une ligne téléphonique unique suit le parcours de la voie ferrée et toutes les gares ont leur appareil téléphonique mis en dérivation sur cette ligne commune. Le problème téléphonique à résoudre comporte les difficultés suivantes :

1° Pouvoir appeler à volonté l'une des gares sans déranger les autres ;

2° Avoir une audition de très bonne qualité malgré la présence de beaucoup d'appareils en dérivation les uns sur les autres.

***

Question 14. — Quel est le meilleur moyen à employer pour remplacer le courant des piles par le courant industriel ?

Réponse. — Le moyen à choisir dépend essentiellement des circonstances locales :

Si la ville possède un réseau de courant continu à plusieurs fils (ce qui devient de plus en plus rare) et s'il n'y a pas inconvénient à mettre le fil neutre à la terre, on peut réaliser purement et simplement un montage en « batterie universelle » et alimenter ainsi tout le bureau. Si la terre doit être exclue, le courant continu peut servir à charger des accumulateurs.

Dans la majorité des cas, le courant fourni est alternatif. On doit donc choisir entre les différents moyens suivants :

La commutatrice, dont le rendement est bon, mais qui ne convient que pour les fréquences moyennes et est d'un prix d'achat assez élevé ; elle nécessite, en outre, une surveillance constante de la part d'un spécialiste.

Le groupe-moteur-générateur (dans lequel un moteur à courants alternatifs est embrayé avec deux dynamos, donnant, l'une le positif, l'autre le négatif) s'accommode de toutes les fréquences, mais son rendement est peu intéressant. Il présente, en outre, les mêmes inconvénients que la commutatrice, au point de vue du prix d'achat et de l'entretien.

Il semble que le moyen le plus pratique est de redresser les courants alternatifs. Les principaux types de redresseurs sont :

La soupape de Nodon, sur laquelle il est nécessaire d'exercer une surveillance assez constante, tant au point de vue de la concentration de l'électrolyte qu'à celui de l'échauffement.

La lampe à vapeur de mercure, qu'on peut, sans grand inconvénient, abandonner à elle-même, à la condition, toutefois, que le réseau n'ait pas d'interruptions, car la lampe s'éteint et ne peut se rallumer que si on la fait basculer.

La lampe à argon (Tungar) qui présente sur la précédente l'avantage de se rallumer spontanément après une interruption du courant alternatif ; elle est aussi moins fragile.

Il existe, en outre, un certain nombre de redresseurs à trembleur, qui fonctionnent bien, mais qui ont un défaut commun : la difficulté de régler l'armature du trembleur, de manière à éviter les étincelles et la destruction trop rapide des contacts.

Le choix du montage à adopter, pour les redresseurs, dépend avant tout de la stabilité du réseau : si les interruptions sont rares et de peu de durée, on peut relier directement les bornes d'utilisation du redresseur aux barres de batterie universelle du bureau ; on a soin seulement d'intercaler, entre les bornes, une batterie-tampon d'accumulateurs, dont le milieu est à la terre. La capacité de cette batterie est calculée de telle sorte qu'elle puisse alimenter le bureau, en cas d'interruption, pendant un nombre d'heures suffisant, 10 à 12, par exemple.

Si, au contraire, le réseau est trop fréquemment interrompu, ou encore si la tension fournie est par trop variable, il est préférable d'utiliser le courant redressé pour charger des batteries d'accumulateurs.

Ces différentes installations ont été décrites dans les *Annales* (v. notamment juin 1918, p. 339 et septembre 1919, p. 446).

BIBLIOGRAPHIE

OUVRAGES DIVERS.

Les Axiomes de la Mécanique (*Examen-Critique*) (Note sur la Propagation de la lumière), par Paul PAINLEVÉ, membre de l'Institut, professeur à l'École Polytechnique. Paris, Gauthier-Villars et Cie, éditeurs. — Ce livre constitue non seulement une étude approfondie des axiomes fondamentaux de la Mécanique, mais encore une excellente introduction à la théorie de la Relativité d'Einstein.

Memento à l'usage des gradés et sapeurs du 8e génie, des Téléphonistes et des Radiotélégraphistes des Régiments d'Infanterie et d'Artillerie, par J. JACOB, capitaine de Réserve du génie, Ingénieur des Postes et Télégraphes. Angoulême : F. Vincent, éditeur, 4e édition, un petit volume de 100 pages auquel est joint un cahier de schémas de 40 pages.

L'auteur y a résumé les connaissances indispensables aux téléphonistes des corps de troupes. L'effort a porté sur la rédaction afin que le lecteur ne soit pas rebuté par des schémas compliqués ou par des termes savants.

Le Larousse Mensuel illustré, revue encyclopédique éditée par la librairie Larousse, publie deux articles de J. J. VERDIER, rédacteur à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes, intéressant la Radiotélégraphie ; l'article « *T. S. F.* » paru dans le numéro de janvier dernier, expose, dans un résumé succinct, l'état actuel de ce procédé de communication; l'article « *Radiotéléphonie* » numéro de juillet, donne un aperçu des divers montages et des applications de la téléphonie sans fil.

La Constitution des Atomes, par A. Berthoud, professeur de chimie physique à l'Université de Neufchâtel. Un vol. petit in-16 relié, 4 francs, chez Payot et Cie, 106, b^d^ St-Germain, Paris.

L'exposé des théories de Rutherford et de Bohr qui forme le fond de l'ouvrage est précédé d'une révision des propriétés de l'électron des rayons X, des lois de la radioactivité, des phénomènes de l'isotopie. Le principe de relativité est traité plus sommairement ; l'auteur insiste surtout sur celles de ses conséquences qui touchent au problème de la constitution de la matière. Il est donné un aperçu de la théorie de Sommerfeld et de ses vérifications expérimentales. Un chapitre est consacré à la question des rapports entre les propriétés chimiques et la structure atomique des éléments.

L'emploi des mathématiques supérieures est évité et l'ouvrage peut être compris par tout lecteur dont la culture scientifique correspond à des études secondaires.

Certains développements mathématiques sont d'ailleurs donnés en appendice.

La théorie de la relativité exposée sans mathématiques, par Paul Kirchberger. Préface de M. v. Laue, professeur à l'Université de Berlin. Traduction française par Marcel Thiers, ancien élève de l'École Polytechnique. Un vol. in-16, 5 francs, chez Payot et Cie, 106, Boulevard Saint-Germain, Paris.

L'auteur s'est proposé d'exposer, sans calcul, les points principaux des théories d'Einstein ; abstraction faite des détails il parvient, par des exemples bien choisis, à éclairer une question particulièrement abstraite et à donner au lecteur une idée d'ensemble assez nette de la relativité du temps et de l'espace. Il a soin d'ailleurs de mettre en garde contre les généralisations hâtives et les conclusions extrêmes que l'on a voulu tirer de ces théories.

Einführung in die Maxwellsche Theorie der Elektrizitæt und des Magnetismus, par C. Schaefer, professeur de physique à l'Université de Marburg, 2e édition, revue et augmentée. Leipzig, B. G. Teubner, 1 vol. de 174 pages avec 33 figures. Prix : cartonné 14 fr. 40.

Divisé en cinq chapitres : Phénomènes électrostatiques, Lois de l'électromagnétisme, Courant électrique et champ magnétique, Induction (formules générales de Maxwell), Ondes électriques.

Dans cette introduction aux théories de Maxwell, l'auteur s'est efforcé de réduire l'appareil mathématique au strict nécessaire.

Electrical Engineering Testing, par G. D. Aspinall Parr (4e édition), Londres (11 Henrietta Street). Chapman et Hall, éditeurs, petit in-8°, 703 pages, 296 figures, nombreux tableaux ; 16 shellings net ; port en sus : 1 shelling.

Recueil de renseignements pratiques sur les mesures électriques faites suivant les principes de la technique pure. Cet ouvrage constitue un guide précieux aussi bien pour les élèves-ingénieurs que pour les ingénieurs placés à la tête des services techniques dans les usines et dans les centrales de distribution d'énergie ou de lumière.

BREVETS D'INVENTION(1)

534.079. — Perfectionnements apportés aux systèmes électriques de signalisation. — Société : Le Matériel téléphonique. — France.

534.227. — Appareil téléphonique. — Société pour l'exploitation des brevets Vereecke. — France.

534.305. — Dispositif pour enregistrer les communications téléphoniques. — M. Robert Blair Dunlop. — Angleterre.

534.538. — Système d'appareils automatiques mécaniques et électriques, de faible encombrement, remplaçant les boites de « coupure » et « d'écoute » utilisées en téléphonie. — M. Georges-Louis Roussotte. — France.

534.574. — Dispositif pour la production d'oscillations non amorties, en particulier pour la transmission de nouvelles sans fil. — Société dite : Docteur Erich E. Huth. G. m. b. H. — Allemagne.

534.654. — Perfectionnement apporté aux appareils translateurs ou répétiteurs téléphoniques. — Société : Le Matériel téléphonique. — France.

Le but poursuivi est de maintenir la continuité métallique des conducteurs, et de permettre aux courants télégraphiques ou de signalisation de circuler directement, notamment dans les circuits fantômes. A cet effet, on fait usage de transformateurs, dont l'un des enroulements est inséré dans les lignes et l'autre est connecté au circuit d'arrivée ou de départ d'un amplificateur ; celui-ci est relié, par son extrémité opposée, aux conducteurs de la ligne, par l'intermédiaire d'un second transformateur placé entre les points milieux de bobines d'inductance ou autres dispositifs dérivés sur les circuits réels. Les bobines du premier transformateur sont connectées de telle manière que cet appareil agit sous l'action du courant du circuit fantôme mais non sous l'action des courants des circuits réels, tandis que le second transformateur reçoit seulement du courant du circuit fantôme en vertu de ses connexions équilibrées à la ligne. Les courants des circuits réels sont donc exclus du dispositif amplificateur. Les dispositifs d'inductance, qui servent à connecter l'un desdits transformateurs avec le circuit fantôme, peuvent servir aussi pour associer aux circuits réels les répétiteurs correspondants.

534.738. — Appareil destiné à traduire l'écriture Morse en écriture de types. M. Bernard Mora. — Allemagne.

(1) Les descriptions (notices et dessins) relatives aux brevets sont en vente à l'Imprimerie Nationale, 87, rue Vieille-du-Temple, Paris (IIIe arr).

534.776. — Perfectionnements aux appareils détecteurs et translateurs des impulsions électriques. — Société : Radio-communication Company Limited et John Scott-Taggart. — Angleterre.

534.848. — Circuit d'accord électrique pour appareils sonores sous-marins applicable particulièrement aux récepteurs. — Société : Signal Gesellschaft. — Allemagne.

534.858. — Poste téléphonique. — Société des téléphones Mildé. — France.

534.890. — Dispositif pour la transmission multiplex en TSF. — Compagnie générale de télégraphie sans fil. — France.

Permet la transmission simultanée de plusieurs dépêches, avec une seule station émettrice et une seule antenne, par l'emploi d'une note de tonalité différente pour chacune d'elles, avec la même longueur d'ondes pour toutes. Ceci est obtenu en appliquant aux transformateurs de fréquence (ou aux transformateurs intermédiaires) du transmetteur, des courants alternatifs de fréquences musicales, qui sont manipulés chacun d'une manière indépendante. De telle sorte que les noyaux des transformateurs ne seront pas seulement influencés par l'induction des courants à haute fréquence mais aussi par l'induction de courants de fréquences musicales.

534.891. — Dispositif pour la régulation du nombre de tours d'une machine motrice, en particulier pour régulariser la fréquence d'un réseau de haute fréquence en vue de la télégraphie ou de la téléphonie sans fil. — Compagnie générale de télégraphie sans fil. — France.

534.892. — Dispositif de réception d'une émission d'énergie rythmée, applicable à la T. S. F. — Compagnie générale de télégraphie sans fil. — France.

534. 893. — Commande unique pour double réglage, réglage grossier, puis réglage précis, particulièrement applicable aux appareills d'accord et de couplage en télégraphie sans fil. — Compagnie générale de télégraphie sans fil. — France.

534.894. — Dispositif pour l'émission diplex en télégraphie sans fil. — Compagnie générale de télégraphie sans fil. — France.

Dans ce dispositif, on emploie une seule antenne pour l'émission simultanée de plusieurs ondes. A cet effet, un circuit secondaire accordé est couplé inductivement ou électriquement, et de façon assez serrée pour que l'antenne soit accordée sur deux longueurs d'ondes. Avec cette antenne à deux ondes, on couple deux générateurs, par exemple, deux circuits de choc, dont l'un est accordé sur l'une des ondes de couplage, et l'autre sur l'autre onde de couplage de l'antenne.

534.895. — Dispositif de réception anti-parasites pour télégraphie et téléphonie sans fil. — Compagnie générale de télégraphie sans fil. — France.

534.899. — Poste d'émission à arc pour télégraphie et téléphonie sans fil. — Compagnie générale de télégraphie sans fil. — France.

534.900. — Dispositif pour diminuer la réaction des supports d'antenne conducteurs en radiotélégraphie. — Compagnie générale de télégraphie sans fil. — France.

534.901. — Montages d'émission avec tubes à vide comportant un circuit intermédiaire pour l'excitation de circuits à faible décrément. — Compagnie générale de télégraphie sans fil. — France.

534.902. — Transmetteur dirigé pour télégraphie sans fil. — Compagnie générale de télégraphie sans fil. — France.

Dans le dispositif Bellini et Tosi, le circuit excitateur est couplé lâche avec l'antenne (par exemple 2 à 3 °/₀). Si on veut employer un transmetteur moderne à impulsion, ce dispositif ne peut être utilisé. En effet, pour obtenir une excitation avantageuse, dans ce cas, le couplage entre chacune des antennes et le circuit excitateur doit être obligatoirement très serré jusqu'à 20 °/₀) ; mais, avec un tel couplage, il se produirait une influence réciproque des deux antennes à travers le circuit de couplage, ce qui conduirait inévitablement à des inexactitudes de direction.

On remédie à ces inconvénients en disposant, entre le goniomètre et le circuit excitateur, un circuit intermédiaire peu amorti, de telle sorte que le circuit où prennent naissance les oscillations et celui servant à l'excitation de l'antenne sont rendus distincts. Le circuit intermédiaire, quand il est disposé suivant les meilleures conditions de rendement, ne présente avec l'antenne qu'un couplage de 2 à 4 °/₀. Le goniomètre ne contient donc qu'une ou deux spires appartenant à ce circuit. De même, il suffit que le goniomètre contienne de 1 à 3 spires des circuits de chacune des antennes. On évite, de cette façon, toutes les difficultés provenant d'induction mutuelle entre les deux antennes à travers le circuit excitateur, et celles relatives aux tensions trop élevées dans le goniomètre.

534.903. — Dispositif de commande de courants alternatifs au moyen d'inductances avec enroulement de saturation. — Compagnie générale de télégraphie sans fil. — France.

535.021. — Directeur indéréglable à cristaux. — M. Jean Maurin. — France.

Dès qu'on a trouvé le point sensible, l'immobilisation de la pointe est obtenue, en versant une matière isolante fondue dans la capsule contenant l'échantillon de minerai, tout glissement de la pointe est empêché par une boucle en huit de la tige de cette pointe, noyée dans la matière isolante.

535.029. — Procédé de transmission et de réception des ondes hertziennes, propre à réduire les parasites. — M. Marius Latour. — France.

535.025. — Système et appareil télégraphique imprimeur. — Société Morkum Company. — États-Unis d'Amérique.

535.082. — Procédé et dispositif pour la reproduction d'images ou

d'écritures par le télégraphe. — M. Magne Hermond PETERSEN. — Norvège.

535.138. — Télégraphe copieur. — M. Magne Hermond PETERSEN. — Norvège.

535.138. — Perfectionnements dans les systèmes pour bureaux centraux téléphoniques à commutateurs auto-mécaniques. — Société : Le Matériel téléphonique. — France.

535.250. — Mode d'égalisation des bobines d'induction réunies par paires. — MM. Henning Bernhard Mathias PLEIJEL et Axel Herman OLSON. — Suède.

535.326. — Perfectionnements aux sonneries pour téléphone actionnées par magnéto. — M. Esprit E. TONNA-BARTHET. — Ile de Malte.

535.633. — Perfectionnements aux tubes thermioniques. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

545.691. — Paire de bobines de self-induction pour la charge de quatre conducteurs de canalisations téléphoniques susceptibles d'être montés en duplex. — Société : Felten et Guillaume Carlswerk Actien-Gesellschaft. — Allemagne.

535.703. — Perfectionnements aux systèmes téléphoniques à taxation. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

535.844. — Signal sémaphorique pour commutateur de ligne rotatif. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

535.985. — Système de signalisation multiplex par courants porteurs à hautes fréquences. — Société : Le Matériel téléphonique. — France.

536.028. — Dispositif de signaux lumineux pour grandes administrations, banques et analogues. — M. Julien JUBLIN. — France.

536.070. — Perfectionnements à la production d'ondes électriques au moyen de soupapes thermioniques. — Société : Radio-communication Company Limited et M. Norman LEA. — Angleterre.

536.110. — Circuits de raccordement provisoires entre centraux automatiques et centraux manuels. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

536.223. — Appareil radio-électrique. — M. Augustus Taylor. — États-Unis d'Amérique.

536.224. — Procédé et appareil radio-électriques. — M. Augustus Taylor. — États-Unis d'Amérique.

536.367. — Montage d'émission par tubes à vide pour téléphonie sans fil. — Compagnie générale de télégraphie sans fil. — France.

536.376. — Perfectionnements aux systèmes téléphoniques automatiques. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

536.527. — Nouveau système de raccordement pour central téléphonique automatique. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

536.557. — Signal pour automobiles. — MM. Leroy Ayers Biggar et Rutherford Hayes Biggar. — États-Unis d'Amérique.

536.662. — Perfectionnements dans les postes de téléphonie à haute fréquence. — M. Marius Latour. — France.

Ce système s'applique à la téléphonie à haute fréquence et à la téléphonie sans fil : on produit des trains rapprochés d'oscillations avec un commutateur tournant alimenté par des courants d'intensité microphonique, l'intensité de ces oscillations étant d'abord facilement commandée ou modulée par un microphone ordinaire pour être ensuite généralement amplifiée par des lampes à trois électrodes.

536.668. — Dispositif de signal permettant à un poste central de transmettre simultanément un signal dans toutes les directions et à un nombre quelconque de points. — Société Choteau et Dijeon. — L'électromachine. — France.

536.886. — Système téléphonique à répartition d'appels. — Société : Le Matériel téléphonique. — France.

536.916. — Perfectionnements aux cadres récepteurs employés en télégraphie et téléphonie sans fil dirigeables. — M. Ettore Bellini. — France.

536.918. — Système récepteur anti-parasite des ondes électro-magnétiques et des courants électriques. — M. Yves Marrec. — France.

536.957. — Perfectionnements apportés aux bobines de self, telles notamment que celles pour diminuer l'amortissement des lignes téléphoniques. — Société : Felten Guilleaume Carlswerk Aktiengesellschaft. — Allemagne.

537.056. — Nouveaux perfectionnements dans la téléphonie à haute fréquence. — M. Marius LATOUR. — France.

537.183. — Procédé et montage des connexions pour la suppression du tirage dans les émetteurs intermédiaires à tube et les récepteurs. — Société : Dr. Erich, F. Huth Gesselschaft für Funkentelegraphie. — Allemagne.

537.198. — Perfectionnements aux systèmes téléphoniques automatiques privés. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

537.253. — Procédé de jalonnement d'une route par câbles dits phoniques et dispositifs permettant à des mobiles de la repérer et de se situer en direction et en distance par rapport à elle. — Société industrielle des procédés W. A. LOTH. — France.

537.268. — Procédé de réception des ondes entretenues et montages correspondants. — M. Raymond-Albert JOUAUST. — France.

Ce procédé consiste à moduler à haute fréquence les ondes reçues, par une source locale ; dans le cas où les ondes entretenues ne sont pas modulées à l'émission, la source locale a une fréquence N' voisine de la fréquence N des ondes entretenues ; dans le cas où elles sont modulées à l'émission, comme pour les communications radio-téléphoniques, la fréquence de la source locale est égale à celle N des ondes entretenues, avant leur modulation à l'émission ; dans les deux cas il se produit à la réception un courant de fréquence musicale (égale à N-N' dans le 1er cas, égale à la différence entre N et la fréquence variable de l'émission modulée dans le 2e cas) qui est perceptible au téléphone.

Le montage comporte une lampe modulatrice à trois électrodes, dont le filament et la grille sont reliés à des points du circuit oscillant de réception tandis que le filament et la plaque sont reliés à des points à tension alternative d'un circuit local de haute fréquence ; le téléphone récepteur est placé dans le circuit filament-plaque, en dérivation sur un condensateur.

La tension alternative de haute fréquence appliquée au filament et à la plaque de la lampe-modulatrice est prise :

soit aux bornes du condensateur de l'hétérodyne,

soit aux bornes d'une impédance ajoutée au circuit hétérodyne.

537.573. — Bague de protection pour cadran de dispositif d'appel. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

537.657. — Système de commande synchrone des distributeurs Baudot. — M. Jules CARPENTIER. — France.

Ce système consiste à utiliser l'action d'un vibrateur, ou diapason spécial, entretenu électriquement, sur le moteur électrique ordinaire du distributeur Baudot. Les courants alternatifs rythmés, distribués par le vibrateur, sont introduits dans l'induit de la magnéto à courant continu par deux bagues, à la façon dont on alimente du côté alternatif une commutatrice

synchrone. De la sorte, tandis que le courant continu, amené par les balais du collecteur, assure le démarrage et la marche normale du moteur, le courant rythmé introduit par les bagues agit comme courant de réglage et maintient le synchronisme de l'induit du moteur avec le vibrateur.

Un tel système peut s'appliquer directement aux installations Baudot existantes, moyennant la simple adjonction de deux bagues au moteur du distributeur et l'addition d'un vibrateur au matériel de l'installation.

Celui-ci consiste essentiellement en deux lames flexibles montées sur une culasse et réalise ainsi une sorte de diapason. Ces lames sont lestées à leur extrémité libre par deux masses assez considérables qui déterminent la période propre du système vibrant. Dans le prolongement des lames sont disposées deux lamelles de contact, l'une destinée à l'entretien électrique du système vibrant, actionné par un électro, l'autre destinée à l'envoi dans le moteur du distributeur de courants rythmés, alternativement positifs et négatifs, fournis par une source de courant continu.

Pour permettre le réglage de la période propre du vibrateur, on a disposé entre les deux lames flexibles une butée élastique mobile dans le sens longitudinal : un chariot actionné par une vis porte deux ressorts flexibles, réglés pour venir tout juste toucher au repos les lames vibrantes. Ces ressorts interviennent dès que les lames vibrent, en augmentant d'autant plus le nombre de vibrations par seconde qu'elles sont plus éloignées du point d'encastrement. On peut ainsi obtenir des variations de réglage du vibrateur aussi minimes qu'on peut le désirer pour une course appréciable du chariot.

537.862. — Perfectionnements aux systèmes téléphoniques automatiques. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

537.930. — Couplage téléphonique pour trafic à grande distance. — Société : Naamlooze Vennootschap de Nederlandsche Thermo-Telephoon Maatschappij. — Pays-Bas.

537.934. — Système de branchement d'amplificateur de réception pour poste d'abonné, commandé à distance. — Société industrielle des téléphones. Constructions électriques, caoutchouc, câbles. — France.

537.969. — Perfectionnements aux systèmes de télégraphie par ondes entretenues. — Société : Marconi's Wireless Telegraph Company. — Angleterre.

538.056. — Perfectionnement de la construction de clé d'appel et d'écoute. — Compagnies d'appareils électriques et téléphoniques. — France.

538.057. — Système de blocage pour poste téléphonique mixte d'intercommunication à appel direct. — Compagnie d'appareils électriques et téléphoniques. — France.

538.059. — Perfectionnements à la téléphonie automatique. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

538.062. — Perfectionnement aux installations de téléphonie à longue distance. — Société d'études pour liaison téléphoniques et télégraphiques à longue distance. — France.

538.216. — Système de réception de TSF par battement avec élimination des parasites et des brouillages. — Société : Marconi's Wireless Telegraph C°. — Angleterre.

538.441. — Perfectionnements aux appareils de connexion automatique pour réseaux téléphoniques. — M. René Dupont. — France.

538.498. — Perfectionnements aux systèmes téléphoniques à centraux multiples. Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

538.547. — Système de contrepoids d'antenne, pour remplacer les prises de terre en TSF. — Société : Marconi's Wireless Telegraph Company. — Angleterre.

538.594. — Perfectionnements apportés aux paires de bobines de self servant à charger les quadrettes téléphoniques. — Société : Felten et Guilleaume Carlswerk Actien-Gesellschaft. — Allemagne.

538.606. — Perfectionnements à la télégraphie sans fil. — MM. Sydney Bridon et Sydney Johnson. — Angleterre.

538.733. — Dispositif de sélection de lignes électriques. — M. Alfred Pelletier. — France.

538.762. — Amplificateur-détecteur-auto-hétérodyne, à montage mixte, haute et basse fréquence, pour télégraphie sans fil. — M. Louis-Joseph Lascroux. — France.

538.866. — Procédé et dispositifs pour la signalisation et la commande électriques. — M. Albert Van Tuyl Day. — États-Unis d'Amérique.

538.944. — Perfectionnements aux appareils acoustiques pour les applications téléphoniques. — Société : Signal Gesellschaft. — Allemagne.

538.956. — Relais applicable à la signalisation et à la téléphonie. — Société : Le téléphone privé national. — France.

539.266. — Montage pour compteurs de conversations, dans une installation téléphonique comprenant un groupe de postes supplémentaires. — Société : Le téléphone privé national. — France.

532.102. — Perfectionnements aux systèmes téléphoniques auto-

matiques. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

533.186. — Lampe à projection avec lanterne. — M. Léon SALOMON et Aloyse HILBER. — France.

533.376. — Interrupteur-commutateur. — M. André-Denis-Joseph-Antoine VOULGRE. — Paris.

523.377. — Enrouleur de fils téléphoniques. — M. André-Denis-Joseph-Antoine VOULGRE. — France.

533.380. — Modification au dispositif des bobines de Ruhmkorff. — M. André-Denis-Joseph-Antoine VOULGRE. — France.

834.037. — Audion jumelé formé de deux lampes accouplées mutuellement par conductance et applications de cet appareil. — M. André BLONDEL. — France.

Le Gérant,

LÉON EYROLLES.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS.

11e ANNÉE. — N° 6. NOVEMBRE-DÉCEMBRE 1922. PRIX : 4 fr. 50.

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE PUBLIE PAR LES SOINS
D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.

PARAISSANT TOUS LES 2 MOIS.



LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE.
3 RUE THÉNARD, PARIS, Ve.

Prix de l'abonnement annuel : France :........ 24 francs ; Étranger :........ 27 francs.

COMMISSION DES ANNALES

DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

AVIS.

Les manuscrits adressés aux *Annales* sont soumis à l'examen d'une Commission dite *Commission des Annales des Postes et Télégraphes.*

Cette Commission se réunit à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, 20, rue Las Cases, Paris, VIIe.

Membres de la Commission :

NOTA : La *Commission des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

TABLE DES MATIÈRES.

RÉSULTATS DE L'EXPLOITATION DES TÉLÉPHONES PAR L'ÉTAT SUÉDOIS.

MISSION D'ÉTUDE A STOCKHOLM

DE M. DROUET,
Ingénieur en Chef des Postes et Télégraphes,
Directeur des Services Téléphoniques de Paris.

(Avril 1922).

Organisation générale des services téléphoniques de Suède.

En Suède, le téléphone est exploité par l'État et s'est répandu à un tel point que la densité des postes relativement à la population atteint, principalement dans l'agglomération de Stockholm, un chiffre qui nous paraît presque invraisemblable (un poste pour 3,8 habitants).

Les abonnés peuvent obtenir, par téléphone, un grand nombre de commodités dont la plupart sont insoupçonnées chez nous : c'est ainsi qu'ils peuvent se faire réveiller, demander l'heure, se faire envoyer une voiture par une téléphoniste qui indique à quel endroit le plus proche il s'en trouve une en station, charger une téléphoniste de conserver en dépôt une communication dont une personne déterminée demandera à prendre connaissance, se faire rappeler s'il a été impossible d'obtenir un correspondant parce qu'il a été trouvé occupé, avoir la faculté de se faire demander par leur nom, sans indication de numéro, demander une communication interurbaine sans aucune attente (il est vrai que ce dernier service est d'un prix extrêmement élevé).

De plus, la qualité de service est de premier ordre : l'abonné, après avoir décroché son téléphone, n'attend pas en moyenne plus de 4,5 à 5 secondes la réponse de la téléphoniste.

Et, ce service remarquable, c'est une administration d'État

qui le fournit et une administration d'État qui obtient de ses employés et de son outillage un rendement lui permettant de faire des bénéfices importants et de servir depuis un grand nombre d'années un intérêt de 8,5 % au capital que l'État a engagé.

En France, où le téléphone est aussi exploité par l'État, la qualité du service fourni aux abonnés est très inférieure et le résultat financier n'est pas satisfaisant. Cette constatation est valable aussi bien pour l'ensemble des services du territoire que pour la comparaison du service de Paris avec celui de Stockholm.

Quelles sont donc les raisons principales de notre infériorité?

Tout d'abord nous devons constater (comme nous y avons été amenés déjà pour le Danemark) la puissante supériorité de l'*organisation* en Suède. Outre que les services électriques sont indépendants et que, par conséquent, le personnel se trouve par là même spécialisé (ce qui est de première importance pour le personnel dirigeant), les *services techniques* sont fortement constitués et le territoire est divisé en régions dans chacune desquelles les services techniques sont indépendants et dirigés par des spécialistes, ingénieurs en chef et ingénieurs, bien hiérarchisés. En France, au contraire, où nous souffrons du manque de techniciens, insuffisamment nombreux (1) et insuffisamment payés, ces services n'ont pu être organisés d'une façon rationnelle et, la plupart du temps, ils n'ont pu être confiés à des spécialistes.

Un deuxième point sur lequel il est nécessaire d'insister, c'est *l'esprit méthodique et commercial* qui préside à la conduite de l'exploitation des services suédois. Il est vrai que l'Administration de Suède est enfermée dans un cadre budgétaire moins étroitement compartimenté que le nôtre et que le parlement lui accorde une plus grande confiance et lui laisse une plus large initiative ; mais cette différence de traitement provient certaine-

(1) On paraît heureusement s'être engagé en France depuis un an dans la voie du recrutement d'un plus grand nombre de techniciens.

ment de ce que cette administration sait imposer la confiance qu'elle mérite par le soin, la clarté, la méthode avec lesquels elle présente en fin d'exercice les résultats de sa gestion, en faisant ressortir ses *prix de revient* et ses *bénéfices d'exploitation* par des *statistiques* très complètes et lumineusement établies. Ce qui nous a frappés c'est qu'en Suède, la préoccupation primordiale des dirigeants de tous grades, jusqu'aux surveillantes, est de recueillir constamment les données statistiques sur le trafic écoulé et le rendement de la main-d'œuvre qui doivent constituer les éléments d'établissement des prix de revient. Pour le moindre service accessoire, commande des voitures, service du réveil, comptabilité, etc... le coût de chaque opération élémentaire est chiffré périodiquement à l'aide des relevés journaliers, et le bénéfice est évalué.

Notre infériorité sur ce point est manifeste ; c'est ainsi que pour les services téléphoniques de Paris nous avons été, jusqu'ici, dans l'impossibilité pratique d'organiser véritablement un service des statistiques, du trafic et des prix de revient, qui doit être obligatoirement confié à des techniciens, car la chose n'aurait été possible qu'aux dépens de l'exécution du service courant déjà beaucoup trop pauvre en spécialistes.

C'est par une étude et une analyse méthodiques du trafic qu'il nous sera possible, comme il a été fait en Suède, d'améliorer progressivement la qualité de l'exploitation et d'augmenter le rendement du personnel tout en diminuant le surmenage stérile auquel il est souvent soumis. Il faudra pour cela qu'un service d'étude du trafic bien organisé fournisse les éléments à un service des installations électriques disposant d'un nombre de techniciens suffisant pour étendre et mettre au point rapidement les diverses applications possibles des mécanismes automatiques aux multiples manuels existants, comme il a été fait à Stockholm avec de si bons résultats.

En dehors des questions générales d'organisation sur lesquelles nous venons d'insister, quels sont les *points particuliers à retenir* sur lesquels nous pourrions, avec notre organisation actuelle, faire porter notre effort, avec la chance d'obtenir quelques résultats, si toutefois les moyens ne nous font pas défaut ?

En premier lieu l'application méthodique des *distributeurs de trafic* aux multiples manuels dont il vient d'être parlé.

En deuxième lieu le remaniement de nos services d'écritures et principalement de *notre service de comptabilité* des communications interurbaines. Il y a là, possibilité de réaliser une très importante économie.

En troisième lieu enfin, toutes les *commodités accessoires* qu'il serait possible de donner aux abonnés en s'inspirant de l'organisation de Stockholm que nous allons décrire en détail. Elles seraient certainement accueillies avec un grand empressement par le public qui serait ainsi porté à plus de bienveillance vis-à-vis de certaines imperfections du service que nous lui fournissons.

*
* *

Jusqu'en 1918 le téléphone était exploité concurremment par l'État et par une compagnie privée. La compagnie privée possédait un réseau comprenant Stockholm et sa banlieue dans un rayon d'environ 70 km. L'État exploitait sans concurrence le reste de la Suède, mais était en concurrence avec la compagnie pour Stockholm et sa banlieue.

Cette juxtaposition de deux réseaux était d'une extrême incommodité, car aucune entente n'existait pour assurer l'intercommunication entre eux. La plupart des abonnés étaient dans l'obligation d'avoir deux appareils, l'un pour le réseau de l'État (Rikstelefon) et l'autre pour la compagnie (Stockholmstelefon ou Allmänna). Les cabines publiques étaient de même jumelées à raison d'une pour chacun des réseaux.

Cette situation ne pouvait se prolonger, malgré la bonne qualité du service donné par chacun des exploitants que poussait l'émulation, car elle constituait un gaspillage des énergies.

C'est pourquoi le 1er juillet 1918 l'État racheta le réseau de la compagnie.

A cette époque l'État desservait 250.000 appareils dans toute la Suède, dont 46.878 pour Stockholm.

La compagnie en possédait 100.000 et exploitait 6 bureaux

centraux dans Stockholm et 100 dans la banlieue (dont le bureau important d'Upsall).

Le rachat fut fait pour la somme de 47.000.000 kr (en avril 1922 le cours du change était 1 kr = 2 fr. 90).

L'État reste donc actuellement le seul exploitant, car les quelques associations téléphoniques locales existant encore dans certaines localités sont peu importantes.

Les services électriques sont *entièrement séparés des services postaux* et, par conséquent, *le personnel est spécialisé.*

a) *Administration centrale.*

L'ensemble des services est dirigé à l'Administration Centrale par un *Directeur Général* assisté de 6 chefs de bureaux dont il propose lui-même la nomination au roi. Les attributions des bureaux sont les suivantes :

Affaires administratives, affaires financières, trafic, radiocommunication, matériel et installations, lignes.

Deux de ces chefs de bureaux ont le diplôme d'ingénieur.

De plus, un ingénieur en chef est attaché à la Direction générale.

Quand des décisions importantes ou des sanctions sont à prendre le directeur général peut réunir un conseil d'administration composé des chefs de bureaux et de deux parlementaires, sans représentants du personnel.

b) *Services locaux d'exécution.*

La Suède est divisée en six districts électriques, dans chacun desquels sont juxtaposés deux services indépendants. Au point de vue des *lignes* (pose et entretien) le district est dirigé par un Directeur des lignes (Ingénieur en chef) assisté de cinq ingénieurs chargés chacun d'une section territoriale. Au point de vue *du trafic et de la comptabilité*, le district est administré par un Directeur du trafic.

Les services téléphoniques et télégraphiques de Stockholm et de Gothembourg, ainsi que les services électriques de Malmö



et Sundsvall sont indépendants des six districts électriques et sont placés chacun avec leur banlieue, au point de vue de l'exploitation, sous les ordres d'un directeur spécial.

Dans tous les cas les services de lignes et les services du trafic sont partout et toujours complètement séparés.

C'est ainsi que le Directeur du Service téléphonique de Stockolm a seulement autorité sur les services d'entretien, mais non sur les services des travaux de lignes.

Dans chaque bureau central, à côté du chef du trafic qui relève du service de l'exploitation, se trouve un chef mécanicien qui relève du service technique d'entretien dirigé par un ingénieur en chef ayant sous ses ordres des ingénieurs assistés de mécaniciens principaux.

Les services techniques suédois sont dirigés par les fonctionnaires suivants, auxquels il faut ajouter les deux chefs de bureaux de l'Administration centrale ayant le diplôme d'ingénieur :

6 directeurs de lignes,
5 ingénieurs en chefs attachés à l'Administration Centrale,
12 — — chefs de services techniques,
20 Ingénieurs de lignes (dont un à l'Administration Centrale),
3 Ingénieurs de section du service des lignes,
12 Ingénieurs assistants,
12 Ingénieurs stagiaires.

Les traitements des fonctionnaires appartenant au corps des ingénieurs varient de 600 à 1.200 kr. par mois (1.740 à 3.480 f.).

Comme *moyens de transports* affectés aux services de dérangements et de lignes, l'Administration dispose de 120 motocyclettes et 49 camions automobiles. En outre tout directeur de ligne a à sa disposition une voiture de tourisme. Il en est de même pour le Directeur du réseau de Stockholm. Une voiture est affectée aussi aux besoins de la Direction.

L'Administration Suédoise a jugé indispensable d'installer un poste de service au domicile particulier de tous les fonctionnaires dirigeants jusqu'au grade de contrôleur inclusivement (ce qui correspond chez nous au grade d'inspecteur) les autres catégories de fonctionnaires bénéficient de tarifs d'abonnement réduits.

Gestion financière.

Le budget préparé par la Direction générale est présenté au parlement et voté par lui en *bloc* et non pas par chapitres. Le vote a lieu en général sans contestations.

Il est divisé en un petit nombre de chapitres sous les 3 grandes rubriques : Frais de premier établissement, Entretien des lignes, Frais d'exploitation.

Dans chaque chapitre le détail des dépenses n'est pas énuméré. Une loi de budget des télégraphes et téléphones comporte trois pages de petit format.

Les crédits votés sont *automatiquement reportables* en fin d'exercice.

L'Administration peut donc se mouvoir à l'aise dans un cadre large.

.Les résultats d'exploitation d'une année écoulée sont présentés en un rapport au roi comprenant un compte d'exploitation accompagné de statistiques détaillées du trafic, des effectifs, du matériel, etc., et de graphiques indiquant le développement du réseau, du trafic, des recettes, des dépenses d'exploitation, etc., au cours des 30 dernières années.

Tous ces documents sont édités en un livre de 250 à 300 pages qui est distribué dans tous les services. Il renferme les principaux renseignements numériques auxquels les chefs de service ont constamment besoin de se reporter, notamment les statistiques et les prix de revient d'exploitation pour chacun des bureaux et d'entretien pour chacun des réseaux.

Le compte d'exploitation est présenté sous la forme d'un bilan. Il est attribué 6 % en rémunération au capital engagé dans le rachat de la compagnie privée et aussi 6 % au capital engagé au compte des frais de premier établissement. Les bénéfices supplémentaires sont versés au Trésor.

Depuis 30 ans les bénéfices d'exploitation ont donné à l'État un intérêt moyen de 8,5 % du capital engagé.

Pour l'exercice 1920 les résultats globaux ont été les suivants :

	Capital engagé (moyenne)	Recettes	Frais d'exploitation.	Bénéfices	
				kr.	0/0
Réseaux téléphoniques locaux	kr. 115.269.889	49.500.568	46.083.345	3.417.223	2.96
Réseau téléphonique interurbain	50.560.189	27.758.122	19.158.041	8.600.081	17.01
TOTAL	165.830.078	77.258.690	65.241.386	12.017.304	7.25

Renseignements statistiques.

De 1915 à 1921 le nombre des abonnés au téléphone pour toute la Suède a doublé et de 1911 à 1921 le trafic a doublé aussi.

Le compte rendu de l'exercice 1920 indique 311.358 abonnés pour une population totale de 5.904.292 soit une moyenne générale de une ligne principale pour 19 habitants, ce qui représente pour l'ensemble du pays une densité téléphonique très supérieure à celle de l'agglomération de Paris intra-muros qui compte seulement une ligne principale pour 30,5 habitants.

A Stockholm, pour une agglomération de 420.000 habitants on comptait, en avril 1922, 93.160 lignes principales et 114.940 postes auxquels il faut ajouter 19.831 postes dans la banlieue.

Au point de vue du nombre d'abonnés le réseau de Stockholm est donc sensiblement égal à celui de Paris, mais la densité téléphonique y est incroyablement plus élevée ; elle correspond à une ligne principale pour 4,5 habitants et à un poste pour 3,66 habitants.

Il est vrai que cette densité s'est trouvée augmentée par la nécessité pratique en face de laquelle se sont trouvés la plupart des abonnés d'avoir deux abonnements, un pour chacun des deux réseaux anciennement concurrents. C'est ainsi que dans presque toutes les boutiques de la ville les clients trouvent à leur disposition, sur une table ou sur un comptoir, les deux appareils (sans cabine).

Depuis le rachat, l'État s'efforce d'améliorer progressivement les relations entre les deux réseaux et le nombre des postes diminue légèrement d'une façon progressive.

C'est ainsi qu'au cours de l'année 1920 le nombre moyen des abonnés desservis avait été de 116.876 et le trafic urbain correspondait à une moyenne de 7 communications par jour et par abonné (calculée sur 300 jours ouvrables). Le trafic du réseau de Paris est notablement plus élevé puisqu'il atteint près de 14 communications par abonnés et par jour pendant les mois les plus chargés ce qui correspond à un nombre total de communications supérieur d'environ 60 °/₀ à celui de Stockholm.

Les frais d'exploitation se sont élevés à 89 kr. par abonné et les frais d'entretien à 40 kr. 13 par abonné et à 32 kr. 84 par poste.

Le nombre total des agents affectés aux bureaux centraux téléphoniques pour assurer le trafic indiqué a été en 1920 de 2.666 se décomposant en :

Contrôleurs, surveillants et surveillantes :		140
Téléphonistes : 2.122	positions urbaines	1.698
	— suburbaines	203
	— interurbaines	221
Comptabilité et écritures (dames)		324
Garçons de bureaux		74
Facteurs pour distribution des avis d'appels		5
	Total	2.665

A Paris, pour écouler un trafic supérieur d'environ 60 °/₀, nous employons 4.860 téléphonistes et au total environ 6.000 agents ou employés.

Modalités et tarifs des abonnements urbains.

Les montages à plusieurs postes branchés sur la même ligne (party lines) très répandus en Danemark, ne sont pas usités en Suède.

Le régime des abonnements est celui de la taxation forfaitaire par catégories correspondant à différents trafics.

L'abonné est classé dans la catégorie correspondant à sa consommation moyenne. Cette consommation est vérifiée deux fois dans l'année par deux pointages de contrôle durant 15 jours chacun. Il est changé de catégorie pour le prochain trimestre s'il y a écart d'au moins 10 % au-dessous de la limite inférieure ou au-dessus de la limite supérieure de la consommation correspondant à la catégorie dans laquelle l'abonnement avait été classé.

Le nombre maximum de communications qui peut être demandé sur une ligne est de 10.000 par an.

A Stockholm, les tarifs annuels sont :

Jusqu'à	1.200	communications	130 kr.
—	2.500	—	190
—	5.000	—	300
jusqu'à	8.000	—	420
au-delà de	8.000	—	500

La catégorie la plus basse ne peut être accordée aux commerçants ou industriels, sauf pour leur domicile particulier.

Les tarifs sont légèrement plus bas (d'environ 20 %) pour les réseaux autres que celui de Stockholm.

Tout abonné nouveau acquitte un droit d'inscription de 25 kr.

Bien entendu, en Suède comme en Danemark, tous les appareils sont fournis par le service téléphonique et d'un type rigoureusement uniforme. La pose et l'entretien sont gratuits sauf pour les appareils à boutons d'intercommunication.

Les commerçants qui désirent mettre leur appareil à la disposition du public *moyennant une rétribution* payent un abonnement majoré de 50 % et sont libres de fixer eux-mêmes la taxe qu'ils demandent à leurs clients.

Taxes des communications interurbaines.

Les communications avec la *banlieue* dans un rayon d'environ 25 km. de Stockholm, et même avec certaines localités distantes de 40 km. sont données au même titre que les communications urbaines.

Pour les communications *interurbaines* proprement dites la taxe par unité de 3 minutes varie suivant la distance de 40 öre $\left(1 \text{ öre} = \frac{1 \text{ kr}}{100}\right)$ jusqu'à 45 km à 300 öre pour les distances supérieures à 810 km.

La triple taxe est appliquée aux conversations urgentes et aux communications *d'abonnement à heure fixe de jour* (sauf à celles de Presse). Les communications urgentes représentent actuellement 5 % du trafic total (pendant la guerre de 37 à 70 %).

Une taxe supplémentaire de 30 à 80 öre, suivant la distance, permet d'obtenir à l'appareil une personne désignée.

Il existe une catégorie de conversations dites *conversations éclair* qui ont une priorité absolue même sur les communications urgentes ou officielles. Elles paient la triple taxe augmentée d'un droit fixe de 100 kr. et sont limitées à 3 minutes. Il en a été demandé seulement 14 au maximum dans un mois en 1921 et aucune de décembre 1921 à mars 1922. Elles étaient au contraire très nombreuses pendant la guerre et pendant la période de spéculation qui l'a suivie (247 en décembre 1917).

Il n'est demandé aux abonnés *aucune provision ou dépôt de garantie* pour avoir droit aux communications interurbaines ou aux divers services spéciaux taxés. Il nous a été déclaré qu'au cours de l'exercice 1921 l'Etat a subi de ce fait une perte de 10.000 kr. seulement sur une recette de 6.000.000 kr. pour taxes interurbaines et 8.400 kr. sur un chiffre de 10.500.000 kr. de redevances d'abonnements. Le risque est donc tout à fait insignifiant ; il se limite au cas des faillites, car un abonné au téléphone paie toujours les taxes qu'il doit pour ne pas être privé d'une commodité qui lui est indispensable.

Dans ces conditions, s'il était exigé un dépôt de garantie, il est certain que la comptabilité supplémentaire qui serait rendue nécessaire représenterait une dépense supérieure à la perte évitée.

Les taxes de toute nature sont toutes recouvrées à domicile vers le 15 du mois, sauf en province (par trimestre et d'avance pour les abonnements, par mois pour les autres taxes).

Service des petits bureaux de campagne.

Dans les localités comptant moins de 50 abonnés, ceux-ci doivent supporter eux-mêmes les frais d'aménagement, d'installation et d'exploitation du bureau. Ils supportent aussi les frais de construction des lignes. Le service est en général interrompu le dimanche.

Dans les localités comportant plus de 50 et moins de 400 abonnés l'Administration fait à ses frais l'installation du bureau et la pose des lignes dans un périmètre déterminé. Dans la région de Stockholm l'exploitation de chacun d'eux est concédée à un gérant qui touche une indemnité proportionnelle au nombre de lignes à desservir (en moyenne 26 kr. par ligne) et une redevance de 10 öre par communication ; un minimum de rétribution lui est garanti. Moyennant cette rémunération, le gérant se charge de payer les employées qui lui sont nécessaires.

Service de nuit et du dimanche.

Dans les grands bureaux, comme à Stockholm les communications demandées de 23 à 7 heures sont soumises à une taxe supplémentaire de 25 öre. Même régime dans les bureaux de campagne de plus de 50 abonnés. Pour ceux de moins de 50, les abonnés s'entendent entre eux pour adopter le régime qu'ils préfèrent (car l'exploitation est faite à leurs frais).

Tous les bureaux de plus de 100 abonnés assurent le service le dimanche.

Bureau central interurbain de Stockholm.

Il dessert 190 circuits interurbains à grande distance et 210 circuits secondaires d'une longueur ne dépassant pas 70 km.

Il n'existe pas d'annotatrices ; chaque demande est aiguillée par un meuble de distribution, directement sur l'opératrice desservant le circuit intéressé. Elle remplit elle-même la fiche et la conserve. L'entr'aide est pratiquée pour la prise des appels. Sur

les standards du meuble de distribution les keyboards sont recouverts d'une plaque de verre sous laquelle on dispose les tableaux et notes de service que les employés doivent avoir constamment sous les yeux pour exécuter leur travail.

Les tables interurbaines n'ont pas de calculographes. Pour éviter un changement de fiche au passage d'une communication à la suivante, la disposition est la même que celle indiquée pour le central interurbain de Copenhague (2 monocordes par circuit avec une clé d'aiguillage).

Ce mode d'exploitation nous semble nettement inférieur à celui de Paris, et cependant il nous a été déclaré que les opératrices qui desservent les circuits à grande distance, à raison de *deux par table*, en obtiennent couramment un rendement de 17 unités de 3 minutes à l'heure, l'utilisation réelle atteignant 82 °/₀ du temps. Nous avons peine à croire que ce soit là le rendement normal.

Les circuits à faible trafic sont groupés à raison de 7 à 10 par table.

Le procès-verbal d'arrivée est réduit à sa plus simple expression. L'opératrice se borne à noter les numéros demandés et à les barrer à mesure que les communications sont établies.

Chaque téléphoniste est munie d'une petite planchette spéciale, sorte de petit pupitre mobile, qui porte un bloc de fiches de chaque catégorie, une feuille pour noter les numéros de communications d'arrivée et des pinces à ressort pour fixer les fiches des communications en cours. Chacune d'elles dispose en outre d'un classeur en cuir qui lui permet de ranger méthodiquement les fiches en instance ; chacune d'elles est glissée dans une fente du classeur et les fiches sont imbriquées l'une sur l'autre de façon que les indications relatives à la communication ne soient pas cachées. Ces deux accessoires donnent évidemment une commodité à l'opératrice en lui permettant de manipuler ses fiches avec plus de sûreté et plus de méthode.

En 1920 la moyenne des communications établies par l'interurbain de Stockholm a été d'environ 28.900 par jour (en comptant une communication de transit pour une unité) dont environ

14.280 communications de départ et presque autant de communications d'arrivée ce qui correspondait à une moyenne de 20.860 unités de 3 minutes taxées au départ.

La dépense d'exploitation a été de 26,7 öre par communication établie (départ, arrivée ou transit) et de 37 öre par unité de 3 minutes taxée au départ (le traitement moyen des téléphonistes étant de 2.583 kr).

Notre bureau interurbain de Paris dessert un nombre de circuits (750 environ) supérieur de 87 °/₀ à ceux de Stockholm et le trafic qu'il écoule est plus fort d'environ 37 °/₀ (28.500 unités de conversation de 3 minutes au départ par jour et 56.000 unités au total, départ, arrivée et transit). Son effectif est d'environ 700 employées, supérieur de 65 °/₀ à celui de Stockholm.

Relations entre Stockholm et sa banlieue.

1°) *Sens Banlieue Stockholm.* — Les jacks d'appel des circuits d'arrivée de banlieue sont multiplés de 3 en 3 téléphonistes sur un meuble spécial. Les signaux d'appel répétés de chaque circuit sont alternativement vert, blanc, rouge et chaque téléphoniste doit répondre aux signaux d'appel allumés devant elle dans l'ordre de ces trois couleurs qui constitue pour elle un ordre d'urgence.

Le trafic est ainsi réparti également et l'entr'aide assurée rationnellement. Les communications sont établies avec les abonnés de Stockholm par la méthode ordinaire d'exploitation avec lignes de conversation.

Aux heures chargées 12 téléphonistes desservent 192 lignes de banlieue, et, sur une autre travée du meuble 9 autres téléphonistes en desservent 160, soit une moyenne de près de 17 circuits par opératrice.

2°) *Sens Stockholm Banlieue.* — (Communications non taxées). — Un multiple suburbain spécial assure ces communications. Il est composé de groupes d'arrivée ordinaires devant lesquels sont multiplées les lignes de banlieue (à batterie locale). Les jacks sont munis de porte-étiquettes indiquant les noms des

localités et de signaux lumineux d'occupation. Pour éviter tous les ennuis résultant de l'allumage permanent des lampes d'occupation le dispositif suivant a été adopté : les jacks sont en réglettes de 15 divisées en trois groupes de 5 jacks ; les lampes d'occupation sont normalement éteintes, mais à chaque groupe de 5 jacks correspond, sur la réglette porte-étiquette un bouton poussoir interrupteur dont la surface est évidée coniquement de telle façon que la téléphoniste, en appuyant sur ce bouton avec la pointe de sa fiche, puisse commander l'allumage des lampes qui lui indiquent quels sont les cicuits libres.

Cette disposition très simple est *à retenir* pour nous au même titre que celle, un peu différente, adoptée à Copenhague.

Il est à remarquer aussi que, pour assurer une bonne répartition du trafic sur les différents circuits d'une même localité, des cabochons de lampes rouges indiquent à chaque opératrice quelles sont les lignes qu'elle doit essayer en premier lieu pour chaque direction. De plus le signal de fin est donné simultanément sur la lampe du monocorde et sur la lampe d'occupation du jack, ce qui diminue les chances de coupure intempestive.

Bureaux urbains de Stockholm.

L'exploitation est faite en batterie centrale avec lignes de conversation comme à Paris. On s'est attaché, à Stockholm, à introduire tous les perfectionnements permettant d'obtenir un meilleur rendement du personnel grâce à une répartition régulière du trafic qui permet d'éviter les à-coups dans le travail.

Pour cela les appels sont distribués aux téléphonistes de départ qui répondent sur des monocordes. La distribution est faite dans les bureaux les plus anciens, par des téléphonistes muettes (dispositif Avén) qui ont un rôle purement mécanique.

Chacune de ces distributrices aiguille les appels de 480 abonnés en moyenne à l'aide de 45 monocordes.

Pour un multiple de 14.000 abonnés ce service est exécuté par 35 à 42 téléphonistes à l'heure chargée, chacune d'elle aiguillant en moyenne 541 appels dans l'heure et les répartissant d'une

façon égale sur les diverses téléphonistes de départ, en premier lieu sur celles qui sont libres.

Dans les multiples plus nouveaux, la répartition est faite par des distributeurs mécaniques, ce qui est plus rationnel. C'est ainsi qu'est équipé le multiple à 30.000 jacks généraux (avec bâti prévu pour 60.000) construit par la compagnie Ericsson et qui constitue une véritable curiosité au point de vue téléphonique.

Enfin un multiple est équipé avec distributeur de trafic, écoute automatique et appel par simple enfoncement de la fiche : c'est le système que nous aurons à Fleurus.

Le travail des téléphonistes de départ et d'arrivée est, en outre, grandement facilité par l'emploi général de distributeurs automatiques de lignes de conversation. C'est le système que nous sommes *en train d'introduire à Paris*, et qui nous sera *bientôt indispensable pour rendre l'exploitation possible* étant donnée l'augmentation du trafic à laquelle nous devons faire face.

Les *particularités* suivantes sont à remarquer :

1° Les jacks de départ des lignes auxiliaires ne sont pas munis de porte-étiquettes. Ils sont multiplés sur tous les groupes et numérotés dans leur ordre naturel ; les monocordes d'arrivée ont la même numérotation. L'encombrement des jacks de départ est ainsi réduit de moitié et toutes les difficultés de groupement et d'étiquetage sont supprimées. Mais il faut remarquer qu'avec ce système il n'est pas facile à la téléphoniste, sans table de référence, de se rappeler avec quel bureau est établie une conversation en cours ; en cas d'incident elle doit couper et demander à nouveau la communication. Cela nécessite presque absolument l'appel automatique par simple enfoncement de la fiche sur les groupes d'arrivée afin que les demandes de sonnerie soient évitées.

2° Un même groupe d'arrivée dessert en général plusieurs bureaux différents souvent quatre et jusqu'à cinq.

Cette disposition est adoptée pour permettre d'assurer le service sur un nombre de groupes très réduit aux heures de très faible trafic. Les monocordes sont séparés en cinq séries corres-

pondant à cinq bureaux, chacune affectée d'une lampe pilote qui s'allume quand une téléphoniste du bureau correspondant est en ligne pour formuler sa demande. Cela est obtenu par l'emploi d'un distributeur sur chaque groupe d'arrivée. Le service est ainsi rendu très facile.

3° Les lignes supprimées ou transférées sont marquées dans le multiplage par des bouchons, celles de la dernière catégorie par des bouchons portant le nouveau numéro. Cette disposition présente de très nombreux inconvénients. Nous les avons évités à Paris depuis déjà près d'une dizaine d'années.

Nous ne pouvons nous dispenser de signaler l'extraordinaire multiple à 30.000 jacks généraux construit par la maison Ericsson (bâti prévû pour 60.000) et déjà en service depuis plus de 10 ans.

Les jacks et les fiches sont à deux conducteurs seulement, afin que l'encombrement soit aussi réduit que possible.

Les jacks sont en réglettes de 20 dont l'encombrement est de 5 cm. 7 $\times$ 1 cm. 1 (profondeur 7 cm. 7) et les fiches, minuscules, sont en acier ; leur corps a un diamètre de 0 cm. 34 et leur longueur totale est de 4 cm. 77. Malgré ses dimensions si réduites ce matériel est robuste et les dérangements sont peu nombreux. L'entretien de ce multiple à 30.000 est assuré par un effectif total de 20 mécaniciens.

Le multiplage est fait seulement de quatre en quatre téléphonistes et il est muni des bouchons de lignes supprimées ou transférées.

Le travail y est évidemment assez incommode, mais cependant le rendement est très bon, grâce à ce fait que le pourcentage des communications données dans le multiple même est de 50 % et aussi à ce que le trafic est réparti par des distributeurs automatiques (220 appels à l'heure sur groupes de départ).

Service des téléphonistes. Rendements. Durées d'attente.

Les téléphonistes font 7 heures de présence en une ou deux vacations. Elles fournissent 6 h. 1/2 de travail et ont 1/2 heure

de repos. (Des postes téléphoniques sont à la disposition du personnel dans les salles de repos.)

Le service de nuit est fait exclusivement par des femmes.

Une surveillante dirige en moyenne 24 opératrices et, quelquefois, jusqu'à 35 ou 40. (A Paris nous avons une surveillante pour 10 à 11 téléphonistes.)

Le rendement considéré comme normal sur les groupes de départ à distributeurs de trafic est de 220.

Sur les groupes B, avec distributeurs de lignes de conversation, on compte sur 400 (moyennes). Sur des pointages qui nous ont été remis nous avons relevé les chiffres suivants comme étant les plus forts aux heures chargées : groupe de départ : 237, 238, 242, 248 ; groupes d'arrivée : 422, 433, 446.

Des pointages des durées de réponse sont faits tous les jours dans chaque bureau (130 par jour à raison de 10 par heure et 20 aux heures pleines). Ils sont récapitulés par semaine et par mois.

Les durées moyennes de réponse sont en général de 4,5 à 5 secondes avec une proportion d'appels auxquels il est répondu en moins de 10 secondes qui dépasse presque toujours 90 °/₀.

La durée moyenne d'exécution des manœuvres de mise en communication est, d'après les pointages que nous avons vus, de 2,8 à 3,2 secondes pour les communications données dans le multiplage, et de 8 à 8,4 secondes pour celles dirigées vers un autre bureau.

Des primes d'encouragement peuvent être attribuées aux téléphonistes dont le temps de réponse descend au-dessous de trois secondes pour une proportion importante des appels. Ces primes peuvent atteindre au maximum 6 kr. (17 fr. 40) par mois.

Service technique de nuit des bureaux centraux.

Pour tout le réseau de Stockholm deux mécaniciens seulement sont de service de nuit ; on peut les appeler par téléphone dans un bureau quelconque s'il y a nécessité.

Services spéciaux rendus à la clientèle.

En dehors de ceux que nous connaissons pour être d'un emploi courant chez nous (tels que les messages et les télégrammes téléphonés), il est intéressant de signaler les suivants moins connus on complètement inconnus en France.

1° *Abonnements pour bateaux.* — Sur les quais du port sont préparés des câbles souples de raccordement reliés au réseau et supportés par des colonnes en fonte à potence. Dès que le bateau aborde, on lance le câble et il se trouve relié immédiatement par téléphone au bureau central.

L'abonnement est au nom de l'armateur et non pas spécialisé pour un bateau déterminé. Taxe d'inscription une fois payée 15 kr. Prix de l'abonnement (forfaitaire) 100 kr.

L'entretien du câble souple est à la charge de l'armateur.

2° *Abonnés à appel nominal.* — Les abonnés importants payant un minimum de 5.600 kr. de redevances annuelles peuvent obtenir sur leurs lignes spécialisées pour la réception des appels (lignes spécialisées B) la faculté d'être demandés *par leur nom* (sans numéro d'appel). Il leur est demandé pour cela une redevance supplémentaire de 800 kr. par an.

Les lignes correspondantes sont alors reliées sur l'une des travées du meuble que nous avons décrit déjà comme servant à l'établissement des communications de Stockholm vers la banlieue non taxée. Elles sont disposées sur le multiplage par ordre alphabétique et traitées comme des lignes de banlieue (signaux lumineux d'occupation).

Il existe 200 abonnés de cette catégorie à Stockholm. Chacun possède en moyenne 10 lignes de départ et 10 lignes d'arrivée.

3° *Service de l'heure et du réveil.* — Ce service est centralisé et taxé 10 öre pour la demande de l'heure et 20 öre pour un réveil à une heure quelconque.

L'employée remplit dans chaque cas une fiche de taxation.

L'identité de l'abonné demandant le réveil est vérifiée en le rappelant au cours de la communication par l'intermédiaire d'un groupe d'arrivée qui le passe occupé.

Les fiches de réveil en instance sont rangées méthodiquement dans un classeur en cuir du modèle de celui employé par les opératrices interurbaines.

4° *Service se chargeant de la transmission de communications verbales.* — C'est un élargissement de notre service des abonnés absents qui est ainsi mis à la disposition de tous les usagers du téléphone.

Tout d'abord, un abonné quelconque, quittant son domicile, a la faculté de faire relier sa ligne sur un meuble spécial où les appels qui lui sont destinés sont reçus en son absence. Les correspondants seront renseignés s'il le désire sur l'endroit où il se trouve, le numéro où on peut lui téléphoner, la date et l'heure probable de sa rentrée. Le tarif est à forfait de 1 kr. par journée ou fraction de journée ou de 10 kr. par mois du calendrier.

Si l'abonné demande que les numéros des correspondants qui l'ont appelé soient notés, le tarif est de 1 kr. 50 par journée ou fraction ou de 20 kr. par mois.

De plus le service se charge de transmettre une communication de 20 mots au maximum, à une personne déterminée quelconque moyennant une taxe à la charge de l'expéditeur de 50 öre par communication. Il ne cherche pas à se mettre en relation avec le destinataire, mais attend qu'il demande lui-même qu'on lui donne connaissance des messages qui lui sont destinés.

L'ensemble des services décrits aux paragraphes 3 et 4 est assuré par trois employées qui répondent sur les lignes des abonnés absents et une surveillante qui se charge de l'heure, des réveils et des messages spéciaux. Le service de nuit est assuré. Le bénéfice net est de 20.000 kr. par an.

En mars 1922 le nombre des abonnés ayant utilisé le service des informations à transmettre a été de 5.467; il a été fait 936 réveils et répondu à 1.062 demandes d'heure.

Remarquons en passant que le service des abonnés absents existe à Paris, mais qu'il n'est pour ainsi dire pas utilisé en raison de son prix prohibitif (100 fr. par an plus 1 fr. par appel reçu). Il n'existe que 29 abonnés à ce service pour tout le réseau qui comporte près de 96.000 lignes principales.

5° Il est intéressant de signaler la différence d'organisation entre le *service des renseignements* de Stockholm et le nôtre.

Chacun des centraux téléphoniques de Paris est pourvu d'un service de renseignements spécial qui est assuré par deux ou trois employées seulement qui non seulement donnent aux abonnés les renseignements qu'ils demandent, mais répondent en outre aux appels reçus sur les lignes supprimées ou transférées. Il en résulte qu'il suffit d'un afflux de quelques appels simultanés pour retarder notablement le service et engendrer des attentes importantes.

A Stockholm au contraire, le service de réponse aux demandes de renseignements formulées par les abonnés de tout le réseau a été concentré. Il est assuré par un effectif de 40 employées dont 25 sont présentes à la fois aux heures de fort trafic. Les appels leur sont répartis également par des distributeurs automatiques munis de compteurs. Entre deux opératrices voisines est placé un fichier contenant la moitié des fiches constituant l'annuaire par rues. Le nombre des jeux complets de fiches est donc égal à la moitié de celui des employées. Des jeux de rechange permettent la mise à jour quotidienne. Au milieu de la table le long de laquelle sont rangées les opératrices sont placées des collections des différents annuaires à raison d'une collection pour quatre employées se faisant face.

La surveillante qui dirige le service suit, sur des lampes de contrôle, la régularité de l'écoulement du trafic et, d'heure en heure, elle relève les indications des compteurs ainsi que le nombre d'employées présentes, afin que le prix de revient puisse être exactemement établi. Il est ainsi traité une moyenne de 13.000 demandes par jour.

Cette organisation nous paraît avoir pour effet d'améliorer beaucoup le service des renseignements car un afflux momentané de demandes émanées d'un même bureau ne peut apporter de répercussion appréciable sur l'allure du trafic total. De plus, l'un des gros avantages de la concentration est qu'on peut apprécier d'une façon précise la qualité du service, qui est uniforme pour tout le réseau, et l'améliorer facilement en cas de besoin.

6° *Bureau de commande des voitures de place.* — Un abonné qui désire une voiture demande le « bureau des voitures ». Une téléphoniste de ce bureau, après avoir noté son nom et son adresse lui indique *immédiatement* quelle est la station, la plus proche de son domicile, où une voiture est à ce moment disponible. Avec l'acquiescement de l'abonné elle donne aussitôt, par téléphone, l'ordre au chauffeur de la première voiture en station de se rendre à l'adresse indiquée. Il suffit d'un délai d'une vingtaine de secondes pour que l'abonné soit averti que l'ordre a été transmis.

Cette commodité est évidemment incomparablement supérieure à celle de nos kiosques vigies. A Paris, il est nécessaire que l'abonné fasse lui-même des appels successifs jusqu'à ce qu'il obtienne la réponse d'un gardien de kiosque qui lui déclare avoir une voiture en station.

L'organisation qui permet d'obtenir un pareil résultat est la suivante : au bureau des voitures, les lignes d'appel sont multiplées devant les téléphonistes qui ont sous les yeux un plan de la ville à très grande échelle, occupant l'une des parois de la salle et sur lequel les stations de voitures, numérotées, sont indiquées chacune par une lampe qui est allumée si une voiture au moins est en station et qui scintille si une téléphoniste est en pourparlers avec la station.

A chaque poste de voiture, au bord du trottoir, à la hauteur de la tête de la file, se trouve une colonne en fonte portant une boîte à volet renfermant un poste téléphonique et 3 jacks latéraux.

Chaque chauffeur possède une fiche individuelle et les chauffeurs de tête introduisent leur fiche dans un des jacks. Le premier de la file se tient près du téléphone, répond au premier appel et enlève sa fiche quand il part. Quand aucune voiture n'est en station, les jacks sont sans fiches et la lampe du bureau central est éteinte.

Chaque téléphoniste a sous les yeux un répertoire des rues avec l'indication du numéro de la station (correspondant au numéro du plan) la plus proche.

Il existe à Stockholm 54 postes de voitures et 450 voitures. 375.000 demandes environ sont faites par trimestre. Le service est assuré par un nombre d'employées variable suivant les heures de la journée, suivant les événements et suivant le temps. Des renforts sont prélevés en cas de besoin sur l'effectif du central téléphonique situé dans le même bâtiment. Il peut y avoir jusqu'à 16 employées de service. En moyenne, il faut 5 téléphonistes le matin et 7 après 16 heures.

Le service est gratuit pour les abonnés. C'est la chambre syndicale des loueurs de voitures qui rembourse à l'État les dépenses d'exploitation majorée d'un certain pourcentage. Elle paye en moyenne 20.500 kr. par trimestre.

7° *Rappel des abonnés trouvés occupés.* — A Stockholm comme à Copenhague, tout abonné à la faculté, moyennant une rétribution, quand le correspondant qu'il a demandé n'était pas libre, de se faire rappeler dès qu'il devient libre. Cela répondrait chez nous à un réel besoin dans certains cas. Nous n'avons pas vu comment est organisé ce service.

8° *Service météorologique.* — Un mot conventionnel est transmis chaque jour à l'abonné par la surveillante pour lui indiquer la prévision du temps.

Le tarif est de 5 kr. par trimestre. En 1921, il existait seulement 70 abonnés à ce service, tous dans la banlieue de Stockholm.

Service de comptabilité.

1° *Comptabilité des communications interurbaines.* — Les fiches de communications sont envoyées chaque jour toutes taxées par l'interurbain au service de la comptabilité qui est *centralisée* pour tout le réseau de Stockholm. Elles sont immédiatement triées par centaines et par unités à l'aide de casiers auxiliaires de tri, puis classées par numéros d'abonnés dans des meubles à tiroirs, avec cartes numérotées de séparation.

Après la fin du mois, on fait le total des taxes dues par chaque abonné. Pour cela, les fiches sont toutes enregistrées à la machine à additionner. Deux employées travaillent en équipe;

l'une dépouille rapidement toutes les fiches constituant chaque paquet d'abonné en appelant à haute voix d'abord le numéro de l'abonné, puis successivement toutes les taxes portées sur les fiches de cet abonné. L'autre, au clavier de la machine à additionner, tape le numéro, puis toutes les taxes appelées. Quand le paquet de l'abonné est épuisé, elle appuie sur la touche de totalisation, ce qui imprime sur la feuille de contrôle la somme due par l'abonné à la suite de l'énumération des taxes qui suit son numéro. On passe ensuite au paquet de l'abonné suivant dont les fiches sont enregistrées à la suite, sur la même feuille de contrôle. Les deux employées opèrent avec une grande rapidité, en prenant automatiquement une cadence rythmée.

La machine employée est une machine Borrought à moteur électrique. Il existe 5 équipes de 2 employées avec une machine par équipe, chacune opérant dans une cabine isolée, car l'opération est bruyante.

Toutes les fiches sont enregistrées une deuxième fois par une équipe différente, ce qui permet un contrôle par comparaison des totaux.

Cela fait, la somme totale due par chaque abonné est transcrite sur une quittance à son adresse. Le paquet des quittances a été préparé à l'avance dans l'ordre des numéros, par le service de l'*adressographe* qui y a imprimé les adresses à la machine.

La transcription est faite rapidement puisque les quittances sont classées dans l'ordre où les comptes sont établis sur les feuilles de contrôle.

Les quittances passent ensuite pour enregistrement dans une caisse enregistreuse manœuvrée par deux employées. L'une, avant d'introduire la quittance, appelle la somme due. La deuxième employée en enregistre le montant qui apparait à la fenêtre de la machine et donne un coup de levier qui imprime à la fois sur la quittance et sur le talon dont elle est munie un numéro d'ordre et le montant. Ces indications sont enregistrées sur la bande de contrôle de la machine et les sommes totalisées par elle.

Les fiches de communications, après qu'elles ont été dépouil-

lées et enregistrées passent, à la machine à brocher qui agrafe en un même paquet les fiches de chaque abonné.

Chaque paquet est placé à l'intérieur de la quittance pliée en deux à titre de justification, car la quittance ne porte que l'indication du totale des taxes dues. On enferme le tout dans une enveloppe à fenêtre transparente qui laisse voir le nom et l'adresse de l'abonné imprimés en tête de la quittance.

Il ne restera plus qu'à trier les plis par rues.

Cette méthode nécessite un important mobilier de classeurs à tiroirs en double exemplaire. L'un des meubles est rempli par les fiches du mois écoulé et en cours de dépouillement; l'autre reçoit celles du mois courant.

Le procédé est particulièrement simple et rapide. A Stockholm, il est ainsi manipulé 400.000 fiches par mois pour 93.000 abonnés dont les comptes sont terminés le 15 suivant le mois écoulé. Pour faire ce service, il suffit de 23 employées dirigées par une surveillante. Le prix de revient est de 1,5 öre par fiche manipulée.

On peut dire, sans hésiter, que nous avons tout intérêt à adopter intégralement ce mode de comptabilité. L'effectif que nous employons actuellement pour faire d'une façon compliquée une besogne de la même importance (environ 450.000 fiches par mois) est énormément plus nombreux que celui indiqué plus haut.

Nous avons là la possibilité de faire une économie annuelle de main-d'œuvre très importante, se chiffrant par plusieurs centaines de milliers de francs.

Mais pour cela il faut :

a) Centraliser le service en un local vaste et bien aménagé.

b) Dépenser la somme nécessaire pour établir une installation moderne avec les mobiliers et les machines convenables et faire des prévisions larges (1).

c) Ne pas hésiter à abandonner nos méthodes actuelles com-

---

(1) La dépense de premier établissement sera, du reste, payée en moins d'un an par l'économie réalisée.

pliquées et vieillies et qui ne donnent pas un contrôle plus complet que la méthode moderne employée en Suède.

L'abonné reçoit toutes les justifications de la somme due puisqu'il détient le paquet de fiches. Il reste trace de chaque fiche au bureau de comptabilité puisqu'elles ont été enregistrées une par une sur deux feuilles de contrôle différentes dont la concordance a été vérifiée. Chaque quittance a été numérotée et son montant enregistré par la caisse enregistreuse et les indications reportées sur le talon qui sera remis à l'abonné au moment de l'encaissement fait à domicile. En cas de contestation de taxe, l'abonné doit produire la fiche qui constitue la pièce authentique.

d) Affecter au service de comptabilité des employées actives et un personnel de surveillance qui mette son amour-propre à obtenir un bon rendement.

2° *Comptabilité des abonnements et des payements.* — Elle est analogue à celle du réseau téléphonique de Copenhague et décrite dans le rapport sur la mission en Danemark.

Ce service est exécuté par 50 employées et 2 surveillantes.

Organisation du service des lignes de Stockholm et de la région de Stockholm (4e district).

De même que les services d'exploitation téléphonique de Stockholm et de sa région sont placés sous les ordres d'un directeur relevant directement de l'Administration centrale, le *services des lignes et des postes d'abonnés* pour cette région est placé sous les ordres d'un directeur technique de lignes relevant directement, lui aussi, de l'Administration centrale. Le service est subdivisé en quatre branches qui sont :

1° Le bureau administratif des lignes ;

2° La construction des lignes et l'installation des postes dans Stockholm (10 chefs d'équipes et 5 chefs monteurs et 125 ouvriers, dont 40 monteurs) ;

3° L'entretien des lignes et des appareils pour Stockholm et sa région (120 à 130 ouvriers pour Stockholm, la plupart anciens

monteurs). Les dérangements qui ont été localisés à l'extérieur des bureaux sont signalés directement à ce service par les bureaux centraux. Les essais sont alors faits d'un point central avec des lignes de renvoi et un même ouvrier va faire les coupures successives chez l'abonné et aux différents points de raccordement de la ligne;

4° La construction des lignes et l'installation des postes pour la région de Stockholm (extra-muros).

Chacune de ces trois dernières branches est placée sous les ordres d'un ingénieur en chef assisté d'un ou plusieurs ingénieurs.

Il est très intéressant de remarquer que les ouvriers monteurs du service des installations sont autant que possible spécialisés, les uns pour les postes simples et les entrées de postes, les autres pour les tableaux ou pour les standards. De plus, chaque fois que la chose est possible, on les fait travailler, non pas à l'heure, mais *à la tâche*. On obtient ainsi un meilleur rendement de ces ouvriers qui travaillent isolément et sans surveillance. En même temps, les salaires qu'ils touchent sont plus élevés que s'ils étaient payés à l'heure. Pendant les deux premiers trimestres de 1921, le boni a été pour eux de 30 à 94 °/₀ par heure de travail exécuté à la tâche et de 9 à 48 °/₀ pour l'ensemble de leurs heures de travail (suivant la nature du travail).

Les catégories de travaux exécutés à la tâche sont : la pose des appareils à boutons d'intercommunication, la pose des standards et tableaux, la pose des entrées de poste et des appareils, la pose des câbles de 10 à 50 paires, la pose des câbles de 100 à 200 paires, le tirage des gros câbles. Les ouvriers sont spécialisés dans chacune de ces catégories de travaux.

Au cours des deux premiers semestres de 1921, sur un nombre total de 137.266 heures de travail, 31.323 seulement correspondent à du travail payé à l'heure, soit une proportion de 22 °/₀.

En France, tous les travaux sont payés à l'heure et le nombre des ouvriers est notablement plus élevé.

Constitution du réseau des lignes de Stockholm.

Au répartiteur, chaque fil est protégé par un fusible à 3 ampères, une bobine thermique à 0 A, 250 et un paratonnerre à charbon et mica.

a) Les lignes d'abonnés partent du bureau *en câbles à 500 paires* (quelquefois 600) de 0^{mm} 6 (exceptionnellement 0^{mm} 5) sous papier et plomb. On souffle de l'air comprimé à la pose pour les essais d'étanchéité et plus jamais ensuite.

Ces câbles sont tirés en conduites de ciment multitubulaires. En général, les conduites sont cylindriques à 7, 19 ou 37 tubes de 90^{mm} de diamètre.

Un type nouveau de conduites, plus léger et plus économique, est constitué par des éléments de tuyaux cylindriques en ciment dont une extrémité seulement comporte un diaphragme percé de trous.

La corde de tirage y est passée à l'aide de cannes d'une longueur supérieure à celle d'un élément et s'emmanchant les unes au bout des autres (conduites Hultman construites par la Compagnie Skänska Cementgjateriet).

Les chambres de tirage sont distantes de 180 mètres au maximum et fermées par des regards sur la chaussée ou le trottoir.

Dimensions d'une grande chambre pour artère à 37 câbles : 3 mètres × 1^{m} 80 sur 2 mètres de haut. La paroi supérieure est à 0^{m} 75 au-dessous du sol.

Une pente est donnée aux conduites pour l'écoulement des eaux vers les chambres.

b) Les câbles à 500 paires se divisent en *câbles à 100 ou 200 paires* dans des *chambres de première sous-répartition.*

Chaque câble aboutit à une guérite en fonte, sorte d'armoire de faible saillie adossée au mur au niveau du sol, dans la rue, dans une cour ou dans un sous-sol (droit de 200 kr. par an payé au propriétaire). Les guérites sont ventilées pour éviter la condensation.

La capacité d'une chambre de sous-répartition est de 600 paires

du côté gros câble et de 720 du côté des câbles de division. La liaison est faite en fils volants sur des plots à vis sur porcelaine.

Les câbles de 100 à 200 paires sont soit aériens (procédé ancien), soit (actuellement) dans des conduites en ciment, en commun avec les gros câbles à 500 paires.

c) Les câbles à 100 ou 200 paires se divisent en *câbles à 10, 20, 30, 40 ou 50 paires* dans des *sous-répartiteurs secondaires*, de capacité 200 lignes côté gros câble et 260 côté petits câbles placés sur le toit dans le cas des câbles aériens (ancien système) ou (actuellement) dans les caves des immeubles. Une indemnité annuelle de 200 kr. est payée en général au propriétaire.

Les petits câbles souterrains sont placés dans des conduites en ciment à 1, 2 ou 3 tubes de 100^{mm} de diamètre à raison de plusieurs câbles (jusqu'à 8) par tube. Ces conduites suivent les trottoirs, à 0^{m} 50 des maisons et à 0^{m} 60 au-dessous du niveau du trottoir.

Ils se divisent successivement en câbles à 10 paires par des pièces de soudure ou dans des boîtes placées dans les immeubles.

Des boîtes de branchement en ciment sont réservées pour permettre la dérivation des câbles à 10 paires vers les immeubles où ils pénètrent par des tubes de fer.

d) Dans les maisons, chaque câble à 10 paires se divise en *10 câbles à une paire* (fils de 0^{mm} 7) dans une *boîte de raccordement* en fonte à 10 paires de plots sur porcelaine placée sur le mur.

Aucun organe de protection n'est placé chez l'abonné. — Comme il est fait au Danemark, *chaque appartement* d'une maison neuve est pourvu d'un câble à une paire.

e) Les câbles de *lignes auxiliaires* sont à 500 paires en fils de 0^{mm} 7. *Les amorces d'entrée des circuits interurbains* sont en câbles à 52 paires combinables en fils de 2^{mm} non pupinisés (longueur moyenne 3 km.).

Les longueurs moyennes des lignes d'abonnés dans leurs différentes sections sont les suivantes :

Du bureau au premier répartiteur	:	0km 900	en 0mm 6	ou 0mm 5
Câble de division	:	0km 230	—	—
Petit câble	:	0km 130	—	—
Entrée de poste à une paire	:	0km 035	0mm 7	
Longueur totale	:	1km 295		

L'organisation méthodique et claire du réseau souterrain de Stockholm, analogue à celle de Copenhague, est entièrement à retenir pour nous.

L'emploi de deux sous-répartiteurs successifs permet une très bonne utilisation des gros câbles, malgré l'immobilisation systématique d'une paire pour chaque appartement. De plus, ce mode de distribution facilite les raccordements ou les essais qui peuvent être faits par un seul ouvrier et sont ainsi plus rapides.

En Suède, comme en Danemark, c'est un même service, indépendant des bureaux centraux, qui est chargé des lignes, des installations d'abonnés et des dérangements. En France, les installations et les dérangements de postes sont rattachés aux bureaux centraux, tandis que les services de construction et d'entretien des lignes en sont indépendants ; la liaison est plus difficile à obtenir et le personnel mis en marche pour un même travail est plus nombreux.

Projets de transformation en automatique du réseau téléphonique de Stockholm.

Un bureau automatique (Süd) est commandé à la Société L.M. Ericsson (automatique complet avec postes à disques). Il sera mis en service au commencement de 1923 avec 5.000 à 6.000 abonnés.

Il est du système Hultman-Ericsson, entièrement nouveau. Un bureau de 6.000 abonnés du même type est actuellement en construction pour Rotterdam et sera mis en service à la fin de 1922.

L'administration suédoise fonde de grands espoirs sur ce sys-

tème dont la capacité de sélection est pratiquement équivalente à celle du Panel type de la W.E. C°.

Elle lui reconnaît en outre les avantages suivants : l'encombrement en surface est inférieur de 40 % à celui du système Strowger et du même ordre que celui du Panel type, mais la hauteur est moindre que pour ce dernier système (3m50 seulement au maximum), ce qui rend plus facile l'utilisation des locaux ; la précision de l'ajustage nécessaire est moindre et la fabrication plus simple et plus facile que pour le Panel-type, ce qui paraît être une garantie de robustesse ; le prix est notablement moins élevé que celui des deux systèmes concurrents indiqués ci-dessus.

Les multiplages sont constitués par des nappes verticales de fils nus tendus sur des cadres rayonnants autour d'un axe vertical, chaque organe de recherche ou de sélection est constitué par un disque horizontal mobile autour de cet axe. Le disque porte un bras armé de contacts. En tournant, il oriente le bras dans l'alignement de la nappe de fils intéressée, puis le bras s'avance horizontalement pour explorer la nappe des fils tendus verticalement.

Chaque élément de multiplage porte 25 nappes de 20 lignes, soit 500 lignes.

Les appels sont pris par des chercheurs explorant les lignes d'abonnés par groupes de 500 et emmagasinés par des enregistreurs dès que l'abonné, après avoir reçu un test avertisseur, manœuvre son disque.

Les sélecteurs successifs peuvent explorer, à chaque étage de sélection, un groupe de 20 ou de 40 lignes auxiliaires. Les connecteurs opèrent sur des groupes de 500 lignes. Chacun des organes peut être enlevé et remplacé immédiatement, grâce à l'emploi de prises de connexions à broches.

La résistance nécessaire pour les planchers est de 400 kg. par mètre carré uniformément répartis.

Les offices exploitants des pays scandinaves sont convaincus de la réussite du système et attendent avec une grande impatience que les premiers résultats soient acquis.

Il sera particulièrement intéressant pour nous de les connaître.

Notons que le projet établi pour Stockholm par la Compagnie Ericsson prévoit une numérotation à 6 chiffres avec 3 étages de sélection et capacité maximum de 250.000 abonnés.

Une étude a été présentée au Post Office pour la transformation du réseau de Londres avec une numérotation à 7 chiffres avec 4 étages de sélection et possibilité d'enregistrement des appels pour certaines directions par un bureau tandem qui les retransmet intégralement en mettant en jeu les quatre sélections complètes, ce qui permet de les aiguiller par plusieurs voies différentes. C'est le problème le plus compliqué qui puisse être posé.

La Téléphonie automatique à Bruxelles

Par M. A. BOCQUET,
Ingénieur principal de l'Administration belge.

Le réseau téléphonique de l'agglomération bruxelloise, qui comprend actuellement les trois commutateurs manuels de Paille, Sablon et Linthout, verra s'ouvrir fin 1922 et au cours de 1923, trois nouveaux bureaux centraux, dont le fonctionnement sera purement automatique, à Uccle, à Jette et à Schaerbeek, trois faubourgs de la capitale.

Nous rappellerons qu'en l'année 1902, une transformation complète du réseau existant s'opéra par la mise des lignes en câbles souterrains et l'ouverture rue de la Paille, au centre de la ville, dans un bâtiment qui venait d'être construit à cet effet, du premier bureau central manuel à batterie centrale intégrale équipé sur le continent. Le commutateur, du type de la Western Electric Cy, était installé dans une grande salle de 45 mètres sur 20, et comportait à ce moment une seule rangée de tables qui, depuis lors, s'est augmentée considérablement pour contourner la salle, formant un vaste fer à cheval. Ces commutateurs contiennent à la fois jacks et signaux lumineux d'appels, et jacks généraux des abonnés ; les cordons sont pourvus de clés d'appel et d'écoute avec lampes de supervision. La capacité du multiple est de 13.000 lignes et l'équipement initial comportait 6.300 abonnés.

En 1910, ce bureau, approchant de son équipement complet, un second commutateur du même type, et d'une capacité de 10.000 lignes fut installé dans la même salle, et dénommé « Sablon », du nom du quartier de Bruxelles dans lequel le bâtiment de l'hôtel des téléphones est situé, le nom de Paille étant réservé au bureau central primitif. Les deux bureaux, Paille et

Sablon, étaient reliés par des circuits de communication et de conversation qui n'étaient utilisés qu'en cas de jonction entre abonnés de bureaux différents, toutes les relations à donner entre correspondants reliés au même commutateur étant établies par l'intermédiaire du multiple qui lui était propre. Aucune zone de l'agglomération n'était réservée à l'un ou à l'autre commutateur : tous les nouveaux abonnés étaient raccordés au bureau Sablon, sauf évidemment lorsqu'il s'agissait de combler les vides laissés au commutateur primitif Paille par les désabonnements.

Mais l'accroissement rapide du nombre d'abonnés faisait prévoir qu'à bref délai, il faudrait adopter une solution plus radicale. On voyait se former de nouveaux points de concentration des abonnés dans les faubourgs de la ville, et l'on reconnaissait qu'il devenait avantageux, au point de vue économique de décentraliser les bureaux centraux, pour éviter de continuer la pose de câbles de grande longueur aboutissant tous rue de la Paille. Aussi l'administration décidait-elle, en 1911, la construction de quatre nouveaux bureaux centraux dans quatre localités suburbaines : au Sud, Uccle ; à l'Est, Linthout ; au Nord, Schaerbeek ; à l'Ouest, Jette, chacun d'eux devant desservir les abonnés de la zone dont il constitue le centre.

Les 4 bâtiments furent rapidement édifiés, et en 1913, à la suite d'une adjudication, commande était passée de 4 commutateurs manuels d'une capacité de 10.000 lignes chacun, à batterie centrale intégrale, système de la Western Electric Cy, du type multiple divisé, les tables de départ ou tables A, étant pourvues des seuls jacks de réponse et des signaux d'appel des abonnés, les tables d'arrivée ou tables B comportant les jacks généraux ; l'écoute et l'appel étaient automatiques. Toutes les communications, même celles entre abonnés reliés au même commutateur étaient livrées à l'intervention de 2 opératrices, A et B, de même d'ailleurs que celles entre abonnés de bureaux centraux différents.

Le bureau de Linthout, le premier équipé, fut mis en service en 1914, et desservait en ce moment 4.000 abonnés ; le commutateur d'Uccle était terminé, mais non en service et ceux de

Jette et de Schaerbeck étaient en construction au moment de la déclaration de guerre, en août 1914.

La capitale fut occupée, et les Allemands enlevèrent et transportèrent dans leur pays, la totalité du commutateur « Sablon » et une grande partie du matériel installé ou en cours d'installation dans les bureaux centraux de Linthout, Uccle, Schaerbeck et Jette. La salle des commutateurs du bureau de Paille, située au faîte du bâtiment, ne présentant pas suffisamment de garanties aux yeux de l'ennemi contre les attaques des avions alliés, un petit bureau central fut construit par leurs soins au moyen de matériel enlevé dans nos installations, au rez-de-chaussée de l'immeuble de la rue de Paille. C'est là que les Allemands firent le service pendant plusieurs années pour les besoins de leurs armées et de la population civile allemande qui avait pris pied à Bruxelles.

Quand enfin l'ennemi eut quitté notre pays, l'Administration, en reprenant l'exploitation, ne disposait plus que des bureaux centraux de Paille et de Linthout, en bien mauvais état d'ailleurs, celui de Sablon ayant été enlevé, ainsi que nous l'avons dit. Elle se trouva en ce moment en face d'un problème bien ardu : avec un nombre de techniciens réduit, ne disposant que d'un personnel ouvrier fortement diminué, il fallait rétablir ou restaurer dans toute l'étendue du territoire, les réseaux détruits ou endommagés, de façon à satisfaire les nombreux clients qui réclamaient soit un raccordement nouveau, soit le rétablissement de leur ancien poste, prévoir en même temps l'extension d'installations établies d'urgence au moyen de faibles ressources dont on disposait, utiliser le matériel le plus hétéroclite que l'on puisse imaginer, créer parfois de toutes pièces ces installations, dans la situation lamentable où les Allemands avaient laissé le territoire, qu'ils avaient mis quatre ans à dévaliser méthodiquement de tous ses moyens de production.

A Bruxelles, à la fin de 1919, l'on était parvenu à remettre en service 11.126 abonnés, dont 8.935 au bureau Paille et 2.191 à Linthout. La situation quant aux autres bureaux était lamentable : presque tout était à refaire.

La question s'était posée d'ailleurs, à la reprise du service, de savoir si l'on continuerait le service manuel, ou si l'on recourrait à l'automatique. Or, du fait de l'existence de multiples bureaux centraux, l'exploitation devenait plus onéreuse en manuel surtout, puisque la plupart des communications exigeaient l'intervention de deux opératrices. D'autre part, l'accroissement considérable du coût de la main-d'œuvre avait rendu plus urgente, pour éviter une exploitation déficitaire, une réduction sérieuse du personnel, et l'augmentation du nombre de bureaux allait au contraire, si l'on adoptait le système manuel, amener une extension considérable d'agents. Enfin, et ce ne fut pas là la moindre raison, le désir de donner à la capitale du pays le service téléphonique le plus moderne qui existe avec tous ses avantages : rapidité, sécurité, suppression des erreurs dues aux opératrices, possibilité d'obtenir dans le minimum de temps des communications en série, etc., amena l'Administration à s'outiller immédiatement d'après le système automatique, malgré le coût élevé du premier établissement. Elle porta son choix sur l'appareillage automatique intégral du type rotatif Western Electric pour 100.000 circuits, pouvant être porté à 200.000, avec chercheurs à 60 lignes et sélecteurs finals à 200 lignes.

Les travaux commandés comportent l'installation en système automatique complet des bureaux centraux d'Uccle, de Jette et de Schaerbeck, pour une capacité de 10.000 lignes chacun, et pour des équipements respectifs de 5.000, 2.500 et 4.000 lignes, ainsi que leur reliement aux bureaux manuels de Paille, Sablon et Linthout. Le travail est très avancé, et quand ces lignes paraîtront, le premier de ces bureaux sera vraisemblablement en service, tandis que les deux autres le seront dans le premier semestre de 1923. La seconde partie de la transformation comprendra le remplacement des installations manuelles de Paille, Sablon et Linthout, et fera l'objet d'une nouvelle entreprise.

En prévision de la transformation en automatique de ces installations manuelles, et pour maintenir autant que possible le numérotage existant des abonnés, les dispositions suivantes ont été prises par l'Administration : les abonnés reliés primiti-

vement à Paille, et dont les numéros excèdent 9999, ont été amenés (tout au moins au multiple) avec leurs numéros actuels à Sablon de façon à former, des deux bureaux Paille-Sablon, deux groupes distincts de 10.000 abonnés chacun.

Le groupe Paille, abonnés actuels de 0 à 9999 deviendra le 2e groupe automatique 20.000 à 29.999, tandis que le groupe Sablon, comportant les abonnés 10.000 à 19.999 formera le premier groupe automatique conservant intégralement son numéro. Les abonnés, reliés à Linthout, qui portaient les numéros « Linthout, 0 à 9999 » formeront le troisième groupe automatique 30.000 à 39.999. Les abonnés, à présent reliés encore à Paille et Sablon, et dont la résidence est située dans la région desservie par Uccle, seront reportés à Uccle, la grande majorité avec leurs numéros actuels, sauf que ceux-ci seront précédés du chiffre 4 correspondant à la quatrième dizaine de mille ; ils formeront le quatrième groupe automatique : 40.000 à 49.999. Les dispositions seront analogues pour les abonnés des régions Schaerbeck et Jette, qui seront compris respectivement dans le 5e groupe 50.000 à 59.999 et dans le 6e groupe automatique 60.000 à 69.999.

Ces dispositions ont permis, dans la plus large mesure, de n'apporter aux numéros actuels des abonnés d'autre changement que l'addition du chiffre de la dizaine de mille. Mais elles ont nécessité l'équipement complet en sélecteurs finals et câbles multiples des bureaux d'Uccle, de Jette et de Schaerbeek, bien que ces bureaux ne soient équipés que pour 5.000, 2.500 et 4.000 abonnés, puisque l'on conserve pour ces bureaux les numéros actuels, et que ces abonnés répartis dans les multiples de Paille et de Sablon, portent des numéros allant de 0 à 19.999. Il va de soi cependant que si les sélecteurs finals sont équipés pour 10.000 lignes, leur nombre pour chaque groupe de 200 circuits a été calculé en tenant compte du nombre réel d'abonnés qui seront raccordés au début dans chacun de ces groupes.

La jonction entre les abonnés des bureaux manuels et automatiques sera assurée de la façon suivante : à Paille, Sablon et Linthout, des tables semi-automatiques (semi-B), reliées par

des circuits de jonction aux bureaux Uccle, Jette et Schaerbeek, desserviront les demandes émanant des bureaux manuels correspondants, à destination des abonnés automatiques. Aux mêmes bureaux Paille, Sablon et Linthout également, des tables à indicateur d'appel, pourvues des jacks multiples de leurs abonnés respectifs, desserviront les demandes émanant des abonnés automatiques à destination des abonnés manuels. Dans le premier type de table, les opératrices semi-B disposeront d'un clavier sur lequel elles composeront le numéro du correspondant réclamé. Les agents desservant le 2e type de table verront se former en chiffres lumineux, sur un indicateur disposé dans la tablette horizontale de leur position, le numéro du correspondant raccordé au bureau manuel, que l'abonné automatique demande.

Les services internationaux, interurbains et régionaux sont disposés dans le bâtiment de la rue de la Paille, au milieu de la salle des commutateurs manuels locaux. Toute cette installation interurbaine et internationale a été réalisée et mise en service en 1920 ; elle est basée sur les principes les plus modernes de la téléphonie à longue distance, et elle fera ultérieurement l'objet d'une étude détaillée.

Les connexions entre les abonnés et les lignes extérieures, sont assurées, dans chaque bureau, qu'il soit automatique ou manuel, par des tables intermédiaires desservies par des opératrices, et comprenant les jacks généraux des abonnés du bureau central considéré. Tout correspondant utilisant un poste à cadran peut se relier directement, par la manœuvre du disque, à une des positions d'enregistrement de l'interurbain ou du régional : il lui suffit, pour cela, de composer les deux chiffres 01 ou 03 suivant qu'il s'agit de l'interurbain ou du régional.

Le service des renseignements est également concentré au bureau central Paille et peut être atteint directement par l'abonné qui émettra à cet effet les chiffres 07.

Chaque bureau dispose d'un service des réclamations, correspondant au n° 09.

Quant au bureau télégraphique principal de la ville, il sera donné immédiatement par l'envoi, au moyen du disque, du numéro 05.

Ainsi que nous l'avons vu plus haut, le numérotage des abonnés en automatiques commencera seulement par 10.000, les nombres 0 à 9999 n'étant pas utilisés pour eux. Cette mesure a été prise pour éviter les erreurs qui se produiraient fatalement si les correspondants devaient transmettre un numéro ne comportant pas de dizaine de mille, par suite de la nécessité de faire précéder ce nombre de un ou de plusieurs zéros.

On a réservé, ainsi que nous l'avons vu, quelques-uns des numéros de cette première dizaine de mille, aux appels de service : interurbain, régional, télégraphe, renseignements et surveillance. Pour la facilité de la tâche de l'abonné, la demande se bornera pour ces divers services à l'envoi de 2 chiffres, ce qui suffit pour permettre la sélection entre les diverses directions.

Le tableau suivant indique l'équipement des divers bureaux centraux au moment de la mise en service des nouveaux bureaux automatiques et le nombre approximatif d'abonnés qui y seront raccordés, après que la répartition aura été faite d'après les régions de l'agglomération dans lesquelles ils se trouvent :

Sablon	manuel	1er	groupe	: 10.000 à 19.999,	3.000	abonnés.
Paille	»	2e	»	: 20.000 à 29.999,	6.000	»
Linthout	»	3e	»	: 30.000 à 39.999,	4.500	»
Uccle	automatique	4e	»	: 40.000 à 49.999,	4.000	»
Schaerbeck	»	5e	»	: 50.000 à 59.999,	3.000	»
Jette	»	6e	»	: 60.000 à 69.999,	2.000	»
X	réserve	7e	»	: 70.000 à 79.999		
Y	»	8e	»	: 80.000 à 89.999		
Z	»	9e	»	: 90.000 à 99.999		
Interurbain :		10e	»	01		
Régional :		10e	»	03		
Télégraphe :		10e	»	05		
Renseignements :		10e	»	07		
Surveillance :		10e	»	09		

Un prochain article sera consacré à l'étude, en détail, de ces installations.

LA RADIOGONIOMÉTRIE

Par M. MESNY,
Professeur d'hydrographie (1).

Messieurs,

Je vais vous parler aujourd'hui de la radiogoniométrie. Je me permettrai tout d'abord de vous rappeler quelques notions préliminaires qui nous seront nécessaires par la suite. Je commencerai par l'examen du champ magnétique d'une antenne.

Vous savez tous, certainement, que ce champ est perpendiculaire à la direction de l'antenne. Supposons par exemple que celle-ci soit unifilaire et verticale, et marquons sa projection A sur le sol (fig. 1). Considérons dans l'espace, près du sol, un



Fig. 1.

point M et en ce point le champ magnétique H ; il sera perpendiculaire à MA. Cette disposition du champ n'a rien de surprenant, si on se rappelle celle du champ magnétique d'un simple fil. Si vous prenez ainsi un fil rectiligne suffisamment étendu les lignes de force magnétique forment des cercles dont les plans sont perpendiculaires à la direction du fil et dont les centres sont situés sur le fil. Il n'y a donc pas lieu de s'étonner que les lignes de force magnétique d'une antenne soient précisément des cercles ayant leur centre sur cette antenne.

Je suppose que l'antenne rayonne une onde de fréquence f dont

(1) Conférence donnée en 1922 à l'École supérieure des Postes et Télégraphes.

la pulsation sera ω ; le champ magnétique H sera exprimé par la formule :

$$H = \mathcal{H} \sin \omega t.$$

Si nous supposons que nous nous placions à une certaine distance de l'antenne — distance relativement grande par rapport à sa hauteur — les lignes de force magnétique se trouveront toutes parallèles entre elles, dans un espace suffisamment restreint autour du point M ; on pourra admettre qu'en ce point le champ est uniforme et son intensité sera représentée par la formule ci-dessus.

*
* *

Je vous rappellerai maintenant les lois d'électricité relatives à la force électro-motrice induite dans un fil par un champ magnétique variable ou mobile. Si vous considérez un fil de longueur h, si un champ magnétique, perpendiculaire au fil, se déplace

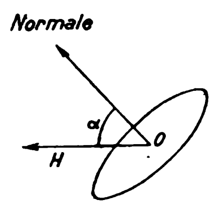


Fig. 2.

dans le voisinage de ce fil perpendiculairement à sa direction avec une vitesse v, la force électro-motrice e, induite dans le fil est :

$$e = h\,v\,H = h\,v\,\mathcal{H} \sin \omega t.$$

Pour les ondes hertziennes, la vitesse v sera précisément la vitesse de la lumière, et la formule précédente représentera la force électro-motrice induite dans une antenne de hauteur h.

Mais si, au lieu de considérer la force électro-motrice induite dans un fil, on la considère dans une boucle ou dans un circuit fermé, la force électro-motrice est $e = -\frac{d\Phi}{dt}$, relation dans laquelle Φ est le flux qui traverse la boucle. Il est facile, connaissant la

surface S de cette spire, de calculer la force électro-motrice due au champ magnétique H d'une onde. En effet, ce flux sera de la forme

$$\Phi = H\,S \cos \alpha$$

en appelant α l'angle de la direction du champ avec la direction de la normale au plan de la spire. Dans ces conditions, si nous exprimons H en fonction de $\mathcal{H}$, cela nous donnera :

$$e' = \mathcal{H}\,S\,\omega \cos \alpha \cos \omega t.$$

Je vous fais remarquer tout de suite la différence qui existe entre la force électro-motrice induite dans l'antenne et dans la boucle. Dans l'antenne nous avions en effet $h\ \mathcal{H}\ v \sin \omega t$. Ces deux forces ne sont pas en phase, mais en quadrature.

D'autre part, je pourrais remplacer ici, pour prendre les éléments qui servent habituellement en radio-télégraphie, ω par $\frac{2\pi v}{\lambda}$, λ représentant la longueur d'onde, et j'arriverais à la formule suivante :

$$e' = -\mathcal{H}\,\frac{2\pi v\,S}{\lambda} \cos \alpha \cos \omega t.$$

Voilà bien des formules, mais il est bon de bien se rendre compte des choses et de les sentir indépendamment de toutes formules.

Supposez que j'aie affaire à une antenne telle que celle que je représente, en *a* (fig. 3) et à une boucle que je supposerai réduite à un carré, *bc*. Nous pouvons utiliser la première loi dans les deux cas pour trouver la force électro-motrice induite. Pour rendre les choses plus claires, je représenterai une onde et je supposerai que je figure à un instant donné les valeurs du champ magnétique, aux différents points de l'espace. Ces valeurs seront représentées par les ordonnées de la courbe, et pour savoir comment les choses se passent, il faudra imaginer que toute cette courbe se déplace avec la vitesse de la lumière.

A l'instant où nous sommes, l'antenne *a* est coupée par un champ magnétique A perpendiculaire à la direction du fil et qui se déplace avec la vitesse de la lumière. Nous aurons la force

électro-motrice maximum, quand l'onde aura avancé de telle sorte que D passe à l'aplomb de *a* ; au contraire, quand E passera à l'aplomb de l'antenne, le champ qui coupera le fil étant nul, la force électro-magnétique sera nulle. Examinons maintenant la boucle *b c* : le côté *b* est coupé par un champ magnétique représenté par le trait B ; le côté *c* par un champ représenté par C. Nous allons avoir dans le côté *c* une force électro-motrice proportionnelle à C, et dans le côté *b* une force électro-motrice proportionnelle à B.

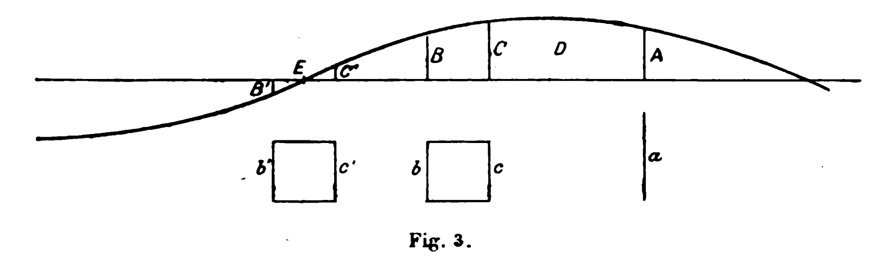


Fig. 3.

Ces deux forces vont toutes deux ver- le haut, mais si l'on considère un sens de rotation dans le carré, l'une tend à faire tourner le courant dans un sens et l'autre dans le sens inverse. Par conséquent, dans cette boucle la force électro-motrice totale sera la différence des forces électro-motrices produites par les deux champs.

Quelles en sont les conséquences ? Au moment où le maximum de l'onde passera sur le cadre les deux forces électro-motrices *b* et *c* seront maxima, mais, comme elles sont égales et que c'est leur différence qui agit, la force électro-motrice induite totale sera nulle. Au contraire, quand le cadre occupe par rapport à l'onde une position *b' c'*, les champs magnétiques qui coupent ses côtés sont représentés par les ordonnées B' et C'. Ces deux champs sont en sens inverses, par conséquent leur différence algébrique devient une somme arithmétique, les deux forces électro-motrices partielles s'ajoutent, et la force électro-motrice totale est maximum.

En E, nous aurons donc le maximum de force électro-motrice ; en D, le minimum. Pour l'antenne, c'était l'inverse. Voilà une différence capitale qui existe entre les deux phénomènes.

*
* *

Une notion qui suit immédiatement celle-ci est celle de hauteur effective du cadre. Nous appellerons ainsi la hauteur d'une antenne fictive qui recevrait, de la part de l'onde, la même force électro-motrice induite que le cadre. Cette quantité nous permettra de comparer le cadre à l'antenne au point de vue de l'intensité de la réception.

Quelles devrait donc être la hauteur d'une antenne pour que la force électro-motrice qui y est induite soit la même que celle induite dans le cadre ? Pour répondre à cette question, il suffit d'égaler les deux quantités *e* et *e'* calculées plus haut, en laissant de côté les facteurs dépendant du temps. On trouve $h_{eff} = \frac{2\pi S}{\lambda}$. Ceci veut dire en somme que la petite antenne verticale qui recevrait la même force électro-motrice qu'un cadre, aurait une hauteur : $\frac{2\pi S}{\lambda}$.

Si le cadre a deux, trois, quatre ou cinq spires, S devra être considérée comme étant deux, trois, quatre ou cinq fois la surface d'une des spires. Ceci m'amène tout de suite à vous montrer combien est faible la puissance de réception d'un cadre. En effet, si nous faisons le calcul pour des cadres courants, mettons d'un diamètre de trois mètres, nous trouverons, comme hauteur effective, environ 0.25 centimètres. Vous voyez combien cette puissance est faible puisque les antennes qui servent à recevoir des émissions ont toutes des hauteurs de plusieurs mètres au moins, et même de 100 et 200 mètres.

Nous avons donc un pouvoir de réception très faible avec des cadres, et c'est pour cette raison que l'on n'a pu se servir utilement des cadres que quand on a eu des amplificateurs. Il existe maintenant des amplificateurs qui sont capables de multiplier les réceptions par des chiffres considérables pouvant atteindre le million. Dans ces conditions, avec un cadre de toute petite dimension, il est possible de recevoir les émissions les plus faibles. Avec un cadre de 20 centimètres de côté il est possible, au moyen

des amplificateurs existant dans la pratique, de recevoir des émissions d'Amérique.

Voilà les quelques préliminaires que je tenais à vous rappeler avant d'entrer dans le sujet proprement dit.

*
* *

Voyons en quoi consiste le principe du cadre considéré au point de vue radiogoniométrique. Supposons que nous ayons en C (fig. 4) un cadre que je supposerai encore carré. Nous consi-

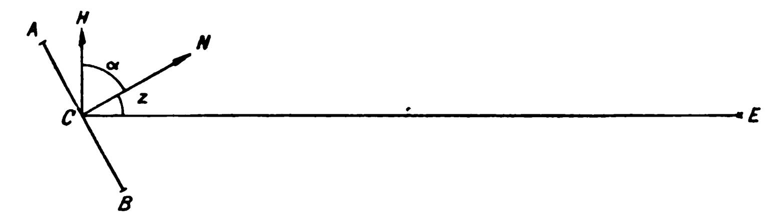


Fig. 4.

$$e = H \frac{2 \pi v S}{\lambda} \sin z.$$

dérerons le tableau comme le plan du sol, et je projeterai mon cadre sur le sol en AB. Je dessine également la normale CN, qui joue un rôle, et enfin je supposerai que l'on désire recevoir l'émission d'un poste qui se trouve en E ; z sera l'angle que forme la direction de la normale au cadre avec la direction de l'émission. L'angle α dont j'ai parlé tout à l'heure est ici égal à $(90 - z)$, et la force électro-motrice sera $e = \frac{H\, 2 \pi\, v\, S}{\lambda} \sin z$. Vous voyez que, suivant l'orientation du cadre, la force électro-motrice change. La force électro-motrice est nulle si z égale 0, c'est-à-dire si la normale au plan du cadre est dirigée vers l'émission ; au contraire, lorsque le cadre se trouvera dans la direction de l'émission, sin z sera égal à 1 et la force électro-motrice sera maximum.

Supposons alors que nous ayons fermé ce cadre sur un condensateur variable qui permette de l'accorder, et placé à ses bornes

un système détecteur quelconque. A mesure que nous tournerons ce cadre, le son reçu changera et il arrivera un moment où il sera nul. Si l'axe du cadre porte un index qui se déplace en face d'un cercle gradué, index dirigé parallèlement à la normale au cadre, au moment où le son s'éteindra, l'index nous indiquera la direction du poste. Tel est en principe le fonctionnement du radiogoniomètre.

Avant d'aller plus loin, je vous dirai deux mots de la réalisation du système. Le cadre peut être d'une forme quelconque ; en général les cadres qui servent pour la radiogoniométrie ont des côtés de 2 à 3 mètres ; on peut diminuer leurs dimensions si on dispose d'un amplificateur assez puissant. Pour les petites ondes utilisées dans la marine, 450 à 1.000 mètres, on utilise en général des cadres de 3 mètres avec 4 ou 5 spires. Pour les grandes ondes on arrive à un nombre de tours qui peut atteindre 100.

*
* *

En vous exposant le principe du fonctionnement, j'ai supposé que mon oreille était infiniment sensible et qu'il n'y avait qu'une position du cadre pour laquelle je n'entendais plus rien ; ceci n'existe pas en réalité, à moins que le poste ne soit extrêmement puissant. Ce qui arrive réellement, c'est qu'à un moment donné, en orientant mon cadre, je n'entends plus de son dans un certain angle. Pour observer dans ces conditions, on tournera le cadre jusqu'au moment où le son disparaîtra ; à ce moment on notera la graduation z_1 puis on prolongera le mouvement. Le son réapparaîtra et on notera une nouvelle graduation z_2. Calculons la moyenne : $\frac{z_1 + z_2}{2}$.

En retournant le cadre d'environ 180°, on retrouverait une seconde zone d'extinction dont on noterait les limites z'_1 et z'_2 La moyenne $\frac{z'_1 + z'_2}{2}$ devrait différer exactement de 180° de la moyenne précédente. Mais il n'en est généralement pas tout à fait ainsi. Si la première moyenne donne la direction OC, la seconde donne une direction OC' (fig. 5). C'est ce qu'on appelle

l'écart à 180 degrés ; la théorie et l'expérience prouvent que si le poste se trouve dans la direction O E, les deux angles marqués sont égaux, autrement dit, les petits écarts par rapport à la direction du poste sont égaux et se produisent tous deux en sens

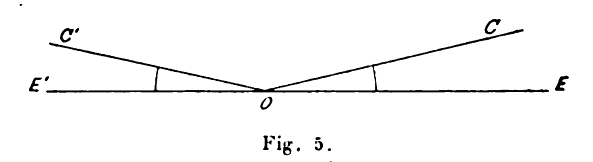


Fig. 5.

inverses. Par conséquent, si l'on prend la moyenne, entre $\frac{z_1 + z_2}{2}$ et $\frac{(z'_1 + z'_2)}{2}$-180° on trouvera la direction exacte à 180 degrés près.

On a donc :

$$z = \frac{\frac{z_1 + z_2}{2} + \frac{z'_1 + z'_2}{2} - 180}{2}.$$

*
* *

Nous ne nous trouvons déjà plus dans le cas extrêmement simple du début, à savoir qu'on avait une extinction sur un point. Cependant les choses sont encore moins simples que ce que je viens de dire. En effet, si on prend un cadre non préparé et qu'on le tourne, on n'aura d'extinction nulle part, le son ne s'éteindra pas du tout. On observera seulement des minima d'intensité. Je vais montrer à quoi sont dues ces absences d'extinction, et l'ayant montré, j'indiquerai quel est le procédé employé pour les corriger. Pour cela je dois rappeler très brièvement en quoi consistent les récepteurs.

Tous les récepteurs de cadre comportent un amplificateur. Représentons, sur la figure 6, la première lampe de cet amplificateur. Une des bornes du cadre est connectée à la grille G et l'autre au filament F. Or la grille a une capacité à peu près nulle, tandis que les accumulateurs, réunis électriquement au filament, en ont une assez importante. En outre ils sont généralement pla-

cés près du sol et un fil vertical assez long les réunit au filament. Schématiquement, on peut donc représenter l'ensemble par la figure 7, qui montre que la symétrie du cadre est détruite par les connexions de la réception.

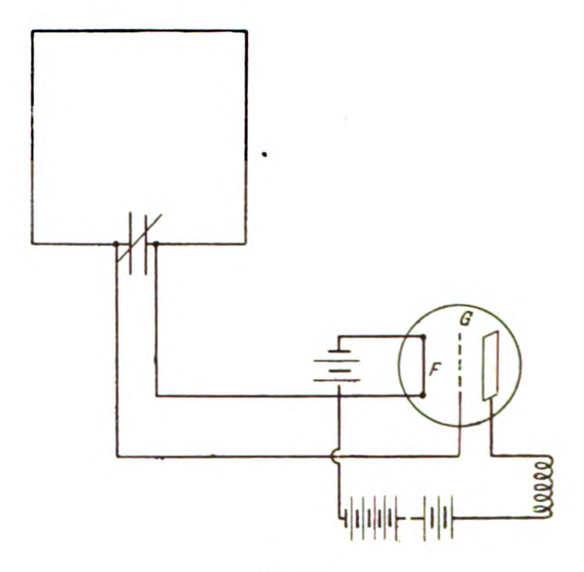


Fig. 6.

Quand le cadre sera orienté à l'extinction, la f. e.-m. qui y est induite sera bien nulle comme nous l'avons montré, mais il restera une f. e.-m. importante induite dans le fil vertical A B, f. e.-m qui empêchera l'extinction.

Le remède à ce défaut est simple : il suffit de rétablir la symétrie en réunissant la borne C à un condensateur variable D, connecté d'autre part à la terre (fig. 8). En donnant au condensateur D une capacité égale à celle des accumulateurs, on aura exactement les mêmes effets dans le fil EC que dans le fil AB et on trouvera les extinctions annoncées.

Ce condensateur D porte le nom de *compensateur*. Son emploi est bien simple : on oriente le cadre jusqu'au moment où on trouve un minimum. A ce moment on manœuvre le compensateur, ce qui rend le minimum plus aigu. On manœuvre encore

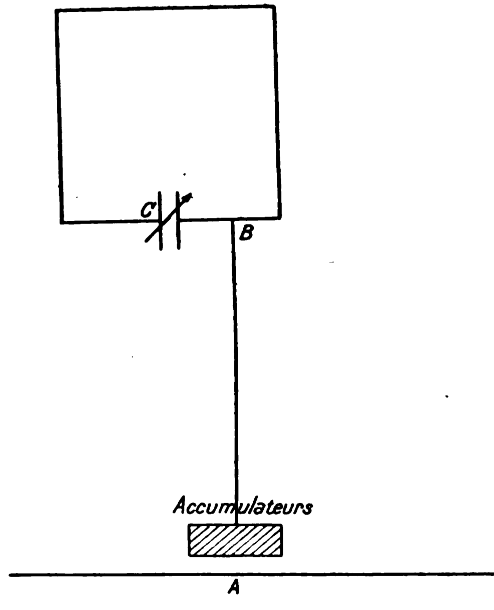


Fig. 7.

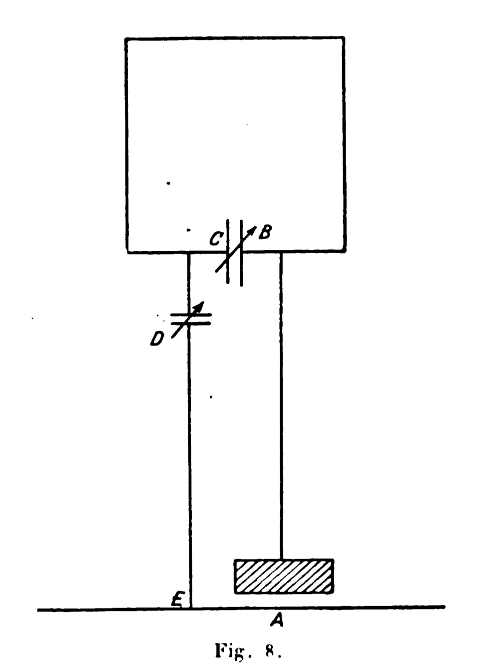


Fig. 8.

un peu le cadre et on trouve un minimum plus net, on retouche la capacité, etc., et par retouches successives on arrive à l'extinction. Généralement il suffit de faire l'opération une seule fois pour obtenir le zéro.

*
* *

Tout à l'heure, en rappelant la nature du champ d'une antenne, j'ai supposé que l'on avait affaire à une antenne simple, perpendiculaire au sol, et j'ai supposé implicitement que la terre était parfaitement plane, sans aucun obstacle. Dans la pratique cependant il est loin d'en être ainsi ; la terre n'est ni plane, ni homogène ; l'antenne n'est pas un fil vertical, elle a des brins inclinés qui sont souvent dissymétriques. Il en résulte que le champ n'est pas tout à fait perpendiculaire à la direction de A (fig. 1). Et non seulement il n'est pas perpendiculaire à M A mais ce n'est même pas un champ polarisé comme je l'ai figuré ; c'est un champ tournant elliptique qui empêchera toute extinction, même avec les dispositions que nous venons d'étudier.

Cependant, le calcul et l'expérience montrent que si l'ellipse est assez aplatie, c'est-à-dire si le champ perturbateur en quadrature ne dépasse pas le dixième du champ principal, le compensateur permet encore d'obtenir des extinctions en lui donnant une capacité convenable qui, cette fois, n'est plus égale à celle des accumulateurs par rapport au sol. On constate également que la déviation que donne alors l'appareil est pratiquement négligeable.

Cette remarque est assez précieuse quand il s'agit d'annuler les effets produits par l'émission d'un poste voisin, lorsqu'on cherche à se servir de cadres comme sélecteurs.

*
* *

Je vous ai dit à peu près tout l'indispensable au point de vue de l'utilisation d'un cadre et des corrections qu'il y a lieu de faire subir au fonctionnement pour obtenir la direction aussi exacte que possible. Il reste cependant quelque chose qui peut avoir

une grande importance dans de nombreux cas, en particulier pour les marins, c'est la question du doute de 180°.

Il existe en effet deux positions du cadre pour lesquelles on a extinction. Ces deux positions sont à 180° l'une de l'autre et l'appareil ne dit pas laquelle il faut choisir. On peut arriver à lever ce doute en couplant le cadre avec une antenne. Supposons que nous ayons réalisé le système suivant : un cadre C et une antenne A (fig. 9) voisins l'un de l'autre. Je placerai dans cette

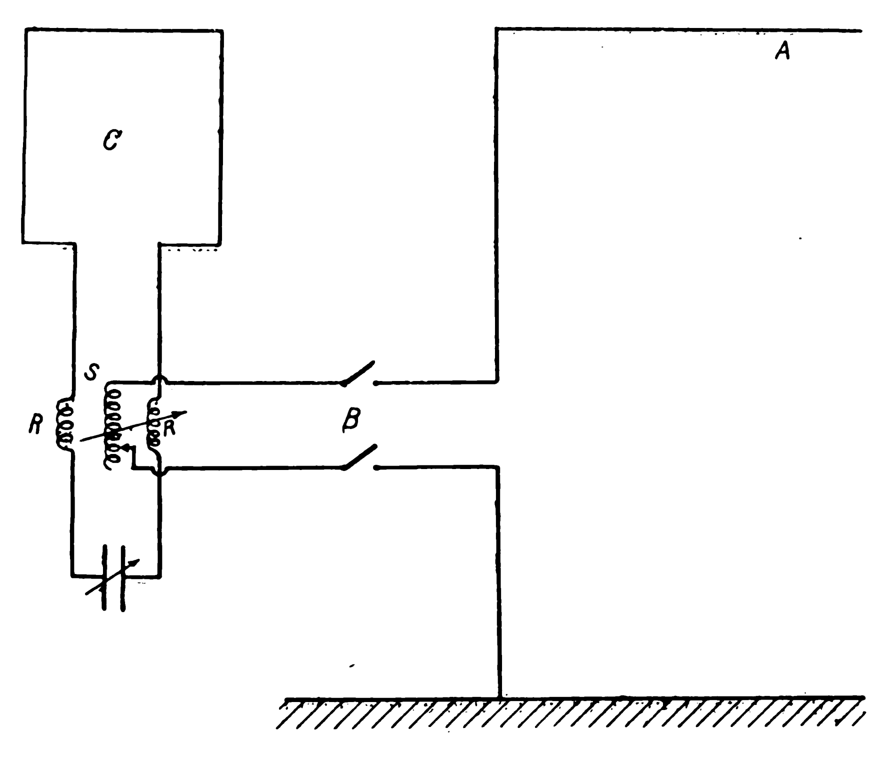


Fig. 9.

antenne une self S que je supposerai variable, de façon à accorder l'antenne sur une émission donnée, et, dans les descentes du cadre, quelques spires R permettant de le coupler avec l'antenne.

Si nous recevons les ondes sur un système de cette espèce, que

va-t-il se passer ? D'abord nous aurons dans le cadre une force électro-motrice déjà calculée et qu'on peut écrire, sous une forme simplifiée :

$$e = A \sin z \cos \omega t.$$

D'autre part, si nous supposons notre antenne accordée, nous aurons une certaine force électro-motrice dans cette antenne représentée par :

$$B \sin \omega t.$$

J'ai supposé un couplage entre les deux. Si l'antenne est accordée, il y circule un courant qui est en phase avec la force électro-motrice et qui sera aussi de la forme B sin ω t. Ce courant passant dans la self S, couplée avec le cadre, va produire une force électro-motrice proportionnelle à la dérivée du courant par rapport au temps.

Nous aurons donc, d'une part, dans le cadre une f. e.-m. due à l'onde, d'autre part une f. e.-m. produite par l'antenne et de la forme :

$$e' = D \cos \omega t.$$

Ces deux f. e.-m. sont en phase ; elles pourront donc s'ajouter algébriquement et il restera dans le cadre une f. e.-m. qui sera de la forme :

$$E = (A \sin z + D) \cos \omega t.$$

Imaginons maintenant que nous pratiquions l'opération suivante : coupons l'antenne au moyen du commutateur B et prenons le relèvement d'un poste donné E, comme il a été dit plus haut ; nous trouverons par exemple que le son s'éteint sur 20° d'un côté et sur 200° de l'autre et il y aura doute entre ces deux directions. Mettons maintenant l'antenne en service en fermant le commutateur B et tournons notre cadre de 90° de façon à le présenter dans une position P Q (fig. 10) avec sa normale en O N. A ce moment il reçoit une force électro-motrice qui sera obtenue en donnant à z la valeur + 90° dans la formule précédente ; cette f. e.-m. sera (A + D). Si l'angle z était égal à (— 90°) on aurait une f. e.-m. (— A + D). Si l'on suppose les circuits établis de telle façon que A = D, on voit que pour z = + 90°

(normale en N) la f. e.-m. sera 2 A, valeur double de celle obtenue avec le cadre seul, et que pour $z = -90°$ (normale en N') la f. e.-m. sera nulle.

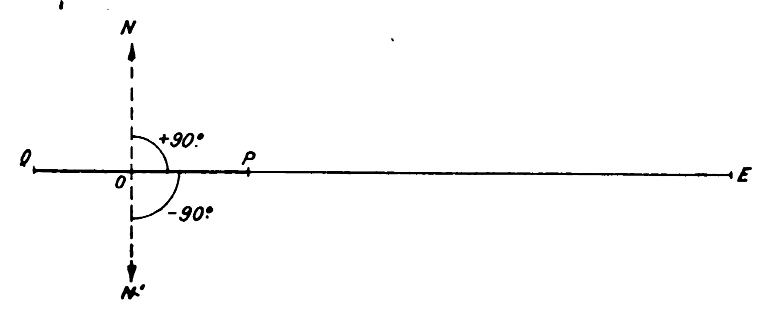


Fig. 10.

Il est clair que les mêmes phénomènes se produiront avec n'importe quelle autre émission, le son s'éteindra toujours quand la normale sera à 90° du poste dans le sens des aiguilles d'une montre, ou inversement : le poste se trouvera à 90° de la normale à la position pour laquelle le son s'éteint dans le cadre quand il estcouplé avec l'antenne — angle compté en sens inverse du mouvement des aiguilles d'une montre.

Il est alors facile de trouver la direction vraie.

Vous pourriez vous demander pourquoi on ne fait pas tout de suite la seconde opération avec le cadre couplé avec l'antenne. La raison en est simple : c'est que dans le cas où le cadre et l'antenne sont couplés, le zéro est infiniment moins net que lorsque le cadre est seul. Avec un poste un peu fort on a des zéros extrêmement précis avec un cadre seul, tandis que, lorsque le cadre et l'antenne sont couplés, les zéros sont très étalés et il est impossible d'avoir des positions précises.

*
* *

Voilà tout ce qui a trait à l'appareil et à la façon dont on pourra s'en servir pour obtenir, dans des conditions données, les meilleurs résultats.

Mais nous avons laissé de côté tout ce qui avait trait aux

ondes elles-mêmes. Nous ne trouverons une bonne direction que si l'onde, à l'endroit où nous nous trouvons, a précisément la direction voulue, si le champ est complètement polarisé et bien perpendiculaire à la direction du poste.

De ce côté on possède beaucoup moins de données, et le problème est plus difficile. Il s'agit de savoir comment les ondes sont déviées par les terrains traversés. Ceux-ci sont de natures infiniment complexes, les couches atmosphériques également et nous nous rapprochons là d'un problème qui a beaucoup de rapports avec la météorologie. Il est impossible de soumettre ces questions au calcul et on ne possède guère que des résultats d'observation sur la question.

D'une façon générale on peut affirmer que sur mer les déviations sont faibles, même jusqu'à des distances de 100 à 150 milles et ce sont actuellement les distances intéressantes pour la navigation. On peut admettre que sur mer les déviations n'atteignent que 2 ou 3°.

Sur terre il est loin d'en être ainsi, sauf dans le cas où on se trouve dans une plaine relativement très étendue. Dans ce cas on obtient des résultats du même ordre que ceux que l'on trouve sur mer, à condition bien entendu que la direction qui va du radiogoniomètre au poste relevé ne traverse également que des régions de plaines.

De nombreux radiogoniomètres sont installés sur les côtes; ceux qui se trouvent dans des régions très plates — telles que la plaine de Penmarch au voisinage de Brest — donnent d'excellents résultats; mais d'autres, installés sur des falaises abruptes et un terrain tourmenté, ont donné des résultats tels qu'on a été obligé de les supprimer.

Je citerai quelques exemples pour vous montrer combien, sur terre, les phénomènes sont souvent singuliers. Dans le voisinage de Lyon, il semble que toutes les émissions que l'on relève viennent de la vallée de la Saône ou de la vallée du Rhône. Elles semblent se canaliser en arrivant dans cette région et sont relevées avec des écarts de 20 à 25 degrés. Dans d'autres cas où on s'attendrait à obtenir de bonnes directions on trouve des dévia-

tions importantes, et, ce qui rend ces déviations encore plus ennuyeuses, c'est qu'elles ne sont pas constantes, mais varient quelquefois d'un jour à l'autre et presque toujours avec l'émission qu'on reçoit.

Je vous citerai le cas suivant, particulièrement curieux : pendant la guerre, j'avais installé près du Havre un radiogoniomètre qui observait les postes ennemis. Je recevais sensiblement dans la même direction, entre 38 et 43 degrés, les émissions des postes de Norddeich, Amsterdam, Dunkerque, Boulogne et Bruges ; tous ces postes émettaient sur des ondes du même ordre de grandeur. Eh bien, ils étaient tous relevés en bonne direction sauf Bruges qui était dévié de 6 degrés au Nord

*
* *

Ce n'est pas tout. Il existe malheureusement un autre phénomène encore plus gênant. On peut en général avoir quelque opinion sur le terrain, on peut savoir que les radiogoniomètres donneront certainement de mauvais résultats en certains endroits et en tenir compte, mais il n'y a rien à faire contre la différence entre les relèvements de jour et de nuit. De jour, les phénomènes sont tels que je viens de vous les décrire, mais de nuit les choses se passent de façon toute différente, et il y a lieu de distinguer deux cas : ceux des petites et des grandes ondes. Je veux parler des ondes dans le voisinage de 1000 mètres et de celles dans le voisinage de 10 ou 15.000 mètres.

Parlons d'abord des petites ondes.

A partir du coucher du soleil et en général environ un quart d'heure avant ce coucher, les zéros deviennent flous, même avec un compensateur et il devient difficile d'apprécier le minimum. Si on tourne le radiogoniomètre et qu'on manœuvre le compensateur, celui-ci semble sans effet. A mesure que le soleil baisse, cet effet devient de plus en plus marqué et lorsqu'il est couché depuis une demi-heure, il y a une zone de 15 à 20 degrés dans laquelle le son varie à peine ; il y est plus faible qu'ailleurs, mais il est difficile de déterminer le milieu de cette zone. Il arrive

même qu'à certains moments, au milieu de la nuit, le son devienne uniforme sur tout le tour de la circonférence.

Pour les grandes ondes, c'est différent. On arrive généralement à obtenir des extinctions, mais des déviations fort importantes se produisent. Voici les résultats obtenus en observant le poste de Hanovre, tous les jours pendant les mois de mai, juin et juillet. Je figure deux axes de coordonnées (fig. 11), et sur l'axe

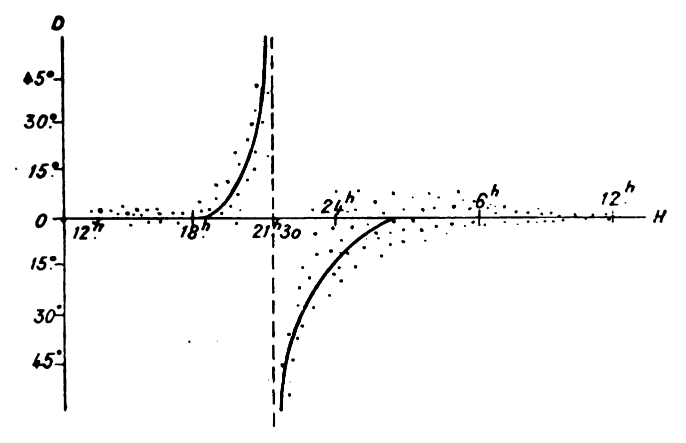


Fig. 11.

horizontal O H je porte les heures, sur l'axe vertical O D les déviations. Pendant le jour les déviations sont seulement de 1 à 2°, les points figuratifs se trouvent dans le voisinage de la ligne O H ; vers 18 heures ils commencent à s'en écarter en montant de plus en plus, et vers 21 heures et demie ils montent à des hauteurs tout à fait invraisemblables ; on a atteint ainsi exceptionnellement une déviation de 90 degrés. Puis, chose curieuse, une demi-heure après les points passent en dessous de O H avec des déviations encore considérables. Ils se rapprochent ensuite de O H pour se promener toute la nuit de côté et d'autre, et rejoindre l'axe O H au jour, ayant pour ainsi dire dessiné une véritable hyperbole équilatère.

Si on laisse de côté les deux heures qui suivent le coucher du soleil, on a une déviation de nuit qui oscille entre 10 et 15 degrés.

Pour Lyon, le phénomène est du même genre, mais moins net. Pour Nantes, il semble que cette hyperbole soit renversée. Pour Rome enfin, il y a une dissymétrie complète, les points se répartissant de façon tout à fait inégale. D'ailleurs les observations se poursuivent, mais on n'en a pas encore déduit de résultats pratiques. On remarque seulement que pendant l'hiver les grandes déviations sont moins importantes que pendant l'été.

Je dois maintenant compléter ce que j'ai dit au sujet des ondes courtes en signalant la différence entre ce qui se passe la nuit sur terre et sur mer. Nous avons fait les observations suivantes : on a fait parler un certain nombre de postes français : Dunkerque Cherbourg, Ouessant, Lorient, Rochefort, et on les a observés simultanément de Brest et de Meudon pendant 24 heures de suite. Exactement au même instant, en tenant compte du décalage d'heure de 28 minutes qui existe entre Brest et Paris, les mêmes postes sont devenus flous, à Brest et à Meudon ; il a été impossible de les relever avec précision et toute la nuit les phénomènes ont conservé la même nature. Toutefois pendant la même nuit les émissions du poste d'Ouessant, de postes côtiers anglais et de nombreux bateaux qui se trouvaient sur la Manche ou sur l'Atlantique ont conservé de nuit la même netteté que de jour, ou tout au moins à bien peu de chose près. On a constaté également que les directions étaient exactes.

Les ondes courtes ne sont donc brouillées et déviées que sur terre et c'est là un point très important pour l'avenir de la radiogoniométrie maritime.

Je viens de parler de la précision ; disons un mot de la sensibilité des appareils ; elle peut être considérable. Un appareil bien construit, recevant une émission pour laquelle il a été établi, par exemple celle d'un bateau situé à une centaine de milles, donne une précision de lecture du 1/2 degré, et même, si le poste est suffisamment fort et si l'émission est bonne — parce que le genre d'émission a son importance — on peut arriver à des précisions de lecture bien plus grandes. J'ai obtenu des lectures au dixième de degré, mais cette sensibilité n'est pas intéressante actuellement, puisqu'à côté d'elle il existe un manque de précision dans la propagation même des ondes.

*
* *

Depuis assez longtemps, les cadres sont utilisés non seulement pour la radiogoniométrie, mais aussi pour la réception d'une façon générale. Le cadre est moins coûteux et moins encombrant qu'une antenne, et il permet d'augmenter la sélectivité des appareils, puisque, si un poste vous gêne dans une direction déterminée, vous pouvez en tournant votre cadre éteindre ce poste et en recevoir d'autres beaucoup plus faibles. Pour opérer ainsi il faut naturellement avoir des procédés de compensation qui soient bien installés et vous permettent d'obtenir des zéros parfaits. Dans quelques cas même il faut ajouter une cage de Faraday autour des appareils de réception et de l'opérateur. Pour éteindre une émission dans ces conditions, il faut que sa direction fasse un angle d'au moins 30° avec celle du poste que l'on veut écouter. Ce n'est pas toujours possible, mais on peut augmenter considérablement la zone dans laquelle le cadre peut servir à l'écoute en le couplant avec une antenne comme je vous l'ai indiqué tout à l'heure. Avec un tel dispositif il n'existera plus guère qu'un angle de 60° sur toute la circonférence, dans lequel le brouilleur ne pourra pas être éliminé. En outre, les postes situés dans la direction opposée à celle du brouilleur seront renforcés.

Ceci a été appliqué en particulier par les Américains. Depuis longtemps on parle beaucoup des parasites et de leur suppression. Ces parasites sont la plaie des télégraphistes et de nombreux systèmes ont été imaginés pour se débarrasser d'eux. Il naît des systèmes nouveaux tous les jours, ce qui semble indiquer que tous ceux qui ont été imaginés jusqu'ici ne sont pas excellents ; je ne veux pas dire qu'ils soient inexistants, car ils donnent des résultats, mais ceux-ci sont en général insuffisants. Eh bien, les Américains sont arrivés à se débarrasser à peu près complètement des parasites pour recevoir les émissions venant d'Europe. Ils le doivent, non pas à leur génie inventif, mais à la nature qui les a bien servis. Les parasites, qui se font sentir en général sur la côte de l'Atlantique, viennent tous du Golfe du Mexique,

sauf les cas exceptionnels des orages qui ne se produisent que rarement dans le courant de l'année. La direction du Golfe du Mexique par rapport à Washington est précisément opposée à celle de l'Europe, de telle sorte qu'il est possible d'employer le système du cadre couplé à l'antenne et ce système a donné les meilleurs résultats.

*
* *

En ce qui concerne la marine, la radiogoniométrie a déjà reçu de nombreuses applications ; nous avons des postes établis sur toutes nos côtes, qui fournissent aux navires à la mer des relèvements leur permettant de déterminer leur position. Mais on installe également des radiogoniomètres sur les navires.

A bord vous devez comprendre que les difficultés proviennent précisément de la masse métallique du bateau. On croyait au début que les mâts devaient beaucoup gêner la réception, mais

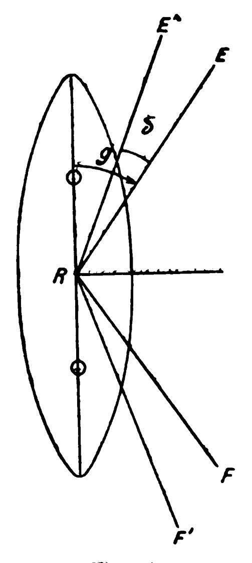


Fig. 12.

ils ne produisent aucun effet, ou ne produisent qu'un effet négligeable, à moins que les appareils ne soient placés tout près d'eux. Si on détermine les déviations, voici ce qu'on observe : je suppose que le radiogoniomètre se trouve en R (fig. 12) et relève une

émission E, elle semble venir d'une direction R E' plus rapprochée de l'axe que R E. Si l'émission est directement dans l'axe du navire ou par le travers, elle n'est pas déviée. La courbe des déviations est celle de la figure 13.

On commence à installer des radiogoniomètres sur les navires de guerre et ces appareils rendent de précieux services, non seulement pour la détermination de la position, mais encore pour nombre de problèmes de navigation tels que celui d'un rendez-vous à la mer.

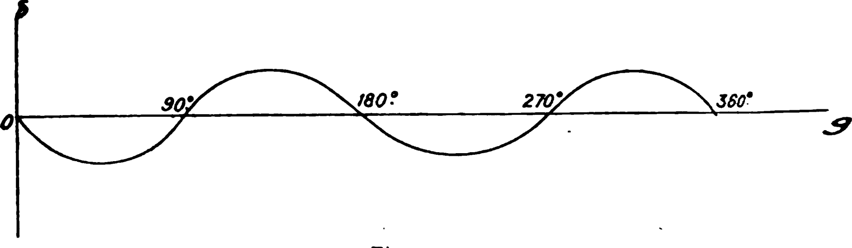


Fig. 13.

Comme je vous l'ai dit, la déviation n'est pas due aux mâts ; on peut se demander quelle en est la cause : c'est tout simplement la diffraction de l'onde par le navire. En assimilant celui-ci à un cylindre très allongé, on peut traiter le problème complètement et les résultats numériques que fournissent le calcul concordent d'une façon très satisfaisante avec ceux de l'observation ; les écarts sont généralement inférieurs à 1 ou 2° pour des déviations de 10 à 15°. En outre la théorie permet de prévoir l'allure de certains phénomènes accessoires qui se trouvent également vérifiés par l'expérience.

Une application curieuse de cette théorie a pu être faite sur des observations prises à terre. Ces observations ont été faites en 1919 sur l'île principale des Sanguinaires en Corse. Cette île a 1200 mètres de long et 200 de large. Elle forme une colline allongée dont la crête se trouve à environ 70 mètres de hauteur. C'est évidemment bien osé de l'assimiler à un cylindre dans la mer, cependant il y a analogie et les observations ont donné une courbe de déviation analogue à celle de la figure 13.

L'analogie a pu même être poussée plus loin, car les variations du champ perturbateur en quadrature avec le champ principal suivaient précisément les lois indiquées par la théorie.

*
* *

Sur les appareils aériens on a essayé également d'appliquer la radiogoniométrie, mais là on se heurte à une grosse difficulté, causée par les magnétos qui influencent les réceptions à la manière des atmosphériques. Vous me direz qu'on écoute tous les jours des émissions sur les avions. — Oui, mais avec une antenne ; avec un cadre, c'est différent. Une antenne a 60 à 80 mètres de long, elle pend sous l'avion, et se trouve à une grande distance des moteurs.

Au contraire, le cadre est tout entier ramassé sur l'avion et tout près du moteur ; en outre, comme sa hauteur effective est très faible, 10 ou 15 centimètres au lieu d'une cinquantaine de mètres, vous êtes obligé d'avoir une amplification formidable. Le rapport entre le bruit gênant produit par les magnétos et les sons qu'il faut écouter augmente beaucoup et la réception devient en général impossible.

On étudie actuellement le moyen de se débarrasser de ces perturbations.

*
* *

Il existe, vous le savez, d'autres appareils servant à faire de la radiogoniométrie, ce sont les appareils Bellini-Tosi, et les antennes dirigées.

Ces systèmes sont complètement abandonnés en France; mais en Angleterre, et surtout au Canada, les cadres Bellini sont encore très en honneur. Vous savez que dans ce système il existe deux grands cadres à angle droit de 25 à 30 mètres de côté. Chacun de ces cadres est connecté à sa base à une bobine et les deux bobines, disposées à angle droit, réagissent sur une troisième bobine formant secondaire. Cette troisième bobine peut tourner autour d'un axe vertical, absolument comme le petit cadre étudié

précédemment et on recherche encore une position pour laquelle le son s'éteint.

L'appareil fonctionne très bien et donne des sons plus intenses que les petits cadres, mais la différence est vite rattrapée avec les amplificateurs dont on dispose actuellement et c'est la simplicité des petits cadres qui les a fait préférer.

Pour terminer, nous dirons un mot des antennes dirigées. Vous savez que si l'on construit une antenne avec une partie montante A B (fig. 14) et une partie horizontale B C beaucoup plus grande que A B, elle a des propriétés directives accentuées.

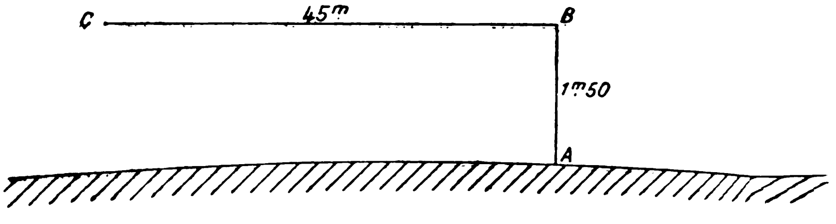


Fig. 14.

C'est ainsi que les ondes qui viennent dans la direction B C impressionneront beaucoup plus les appareils que celles venant dans le sens opposé. Si l'on fait un diagramme on trouve une courbe comme celle de la figure 15.

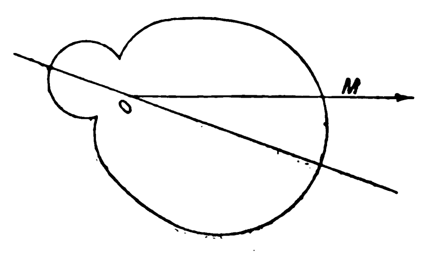


Fig. 15.

Le rayon vecteur O M représente l'intensité induite dans l'antenne par un poste qui se trouverait dans la direction O M.

On a utilisé ces propriétés directives pour faire des radiogoniomètres. On plaçait un certain nombre d'antennes coudées — en général huit — dans les positions indiquées par la figure 16, les descentes étant vers le milieu. Chacune de ces antennes pouvait

être connectée à une même réception au moyen d'un commutateur tournant. On cherchait alors quelle était l'antenne qui donnait la meilleure réception.

Ce système est abandonné actuellement, mais je vous en ai parlé parce qu'il peut servir à l'émission et a été utilisé comme tel.

Si, en effet, nous remplaçons le système récepteur par un émetteur et que nous ayons un commutateur tournant qui passe d'une antenne à l'autre, nous aurons un rayonnement dirigé qui tournera avec le commutateur.

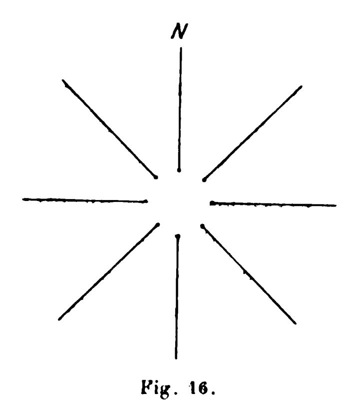


Fig. 16.

Au lieu de mettre huit antennes, on peut en mettre beaucoup plus. Les Allemands avaient installé un radiophare du même principe qui avait 64 antennes. Voici comme on l'utilisait : Le commutateur était mû par un mouvement d'horlogerie qui lui donnait un mouvement uniforme de un tour par minute. Au moment où le poste émetteur agissait sur l'antenne nord il passait un signal convenu. L'observateur qui désirait déterminer le relèvement du radiophare avait un chronographe à sa disposition et au moment précis où il entendait le signal, il faisait partir l'aiguille du zéro ; le chronographe était gradué en degrés. L'observateur écoutait alors les variations du son ; au moment où il entendait le son minimum, il arrêtait son chronographe dont l'aiguille marquait son relèvement par rapport au radiophare.

Ce procédé a peut-être encore de l'avenir car il permet à tout navire, muni de la TSF, de déterminer sa position sans aucun appareil spécial. Cependant la précision obtenue est bien médiocre, elle atteint à peine une douzaine de degrés.

LA SALLE D'ESSAI DES FILS

AU POSTE CENTRAL TÉLÉGRAPHIQUE DE PARIS

Par M. JACOB,
Ingénieur des Postes et Télégraphes.

Cette étude porte sur l'organisation de la salle d'essai des fils du Poste Central télégraphique de Paris en matériel, personnel et documents, sur la coordination des moyens d'action et les différentes manœuvres effectuées, tant lorsqu'un fil est signalé en dérangement par le service des transmissions, que lorsqu'il est rétabli et renvoyé à ce dernier service. Enfin, elle énumère les qualités à exiger d'un agent de la salle d'essai des fils, expose les difficultés qu'il rencontre dans l'étude du réseau et les moyens grâce auxquels il peut les vaincre.

I

Le service de la salle d'essai des fils est chargé des essais électriques, de la localisation des dérangements sur le réseau télégraphique aboutissant au Poste Central de Paris, et des permutations à effectuer entre les différentes sections des lignes, afin d'assurer une bonne exploitation du réseau.

Bien que les lignes télégraphiques soient actuellement unifilaires, le réseau intérieur au Poste Central est bifilaire ; chaque ligne locale comporte un fil de retour relié provisoirement à la terre au répartiteur d'entrée de la salle des fils ; cette disposition permettra dans l'avenir soit d'aller chercher des terres dans des régions non influencées par des installations d'énergie, soit encore pour éviter toute influence, d'utiliser des circuits pour les communications télégraphiques.

Les meubles. — Les lignes venant de l'extérieur sont reliées aux appareils par l'intermédiaire de :

1 répartiteur d'entrée,

1 tableau de coupures et d'essais,

1 tableau général des mutations,

1 répartiteur de sortie.

Ces meubles sont situés dans la salle des fils.

1 tableau particulier de mutations,

1 répartiteur de salle,

1 boîte d'entrée de postes.

Ces meubles sont situés dans la salle de l'appareil.

La salle des fils contient en outre :

Le tableau général des voltages,

1 tableau commutateur téléphonique à 100 directions type standard,

1 installation réglementaire comprenant une boîte d'essais et une boîte de mesures,

1 une installation supplémentaire de mesures comprenant :
un pont de Wheastone, un galvanomètre d'Arsonval à miroir, un combinateur, et divers appareils d'essais,

1 tube pneumatique aboutissant au central pneumatique des salles,

1 voltmètre et un ampèremètre enregistreurs.

Les registres. — La bonne exploitation du service de la salle d'essai des fils impose la tenue des documents et des registres dont la désignation suit :

Les livres du répartiteur d'entrée ;

Le registre des déviations sur lequel sont consignés les résultats des essais périodiques effectués conformément au règlement ;

Le registre des localisations ;

Les deux registres de dérangement : le réseau télégraphique étant partagé en deux secteurs (nord-est et sud-ouest) par une ligne qui coupe Paris et passe d'une part entre Gisors et Beauvais et d'autre part entre Montargis et Montereau ; il est tenu un registre de dérangements par secteur ;

Un registre de références des fils indiquant pour chaque sec-

tion de la ligne : la longueur, la spécification du conducteur, la résistance électrique.

La feuille de situation journalière du réseau. Les agents qui desservent le tableau de coupures et le tableau des connexions tiennent en outre des cahiers personnels dont l'emploi est indiqué plus loin.

Enfin des carnets sont spécialement réservés : le premier à l'inscription des nouveaux fils reliés au Central, des dates de leurs essais et de leur mise en service ; le deuxième au détail des mesures effectuées sur les fils impraticables et mis en observation pour défauts fréquents et caractérisés ; le troisième aux fils aboutissant au multiple télégraphique et aux mesures faites sur ces fils.

Organisation et personnel. — La salle d'essai des fils comprend 10 agents par brigade, savoir :

(1 contrôleur, 9 commis).

La répartition des 9 commis est la suivante :

1 agent chargé de la tenue des 2 cahiers sur lesquels sont inscrits les fils en dérangement et leur localisation ;

1 agent chargé de la feuille de situation des fils et de l'affectation de ces fils ;

4 agents affectés aux 4 panneaux du tableau de coupures et chargés des essais sommaires et des manœuvres à effectuer en accord avec les postes de coupures ;

2 agents affectés au tableau des Mutations. Ces agents prennent en charge des fils signalés interrompus et les rendent aux salles dès que ces conducteurs sont rétablis. De plus, ils préparent les états quotidiens, par sections, des fils mis en service à l'ouverture ;

1 agent chargé des essais et mesures périodiques, des mesures pour la localisation des pertes ou des mélanges et de la tenue des registres de déviations, de références et de localisation.

II

Étude détaillée des Meubles et des Installations.

Répartiteur d'entrée.

Le répartiteur d'entrée sur lequel viennent se répartir le long de réglettes verticales les lignes provenant des câbles souterrains, et le long de règlettes horizontales les circuits intérieurs, est destiné à faciliter le renvoi d'un quelconque de ces circuits sur l'une quelconque des lignes.

Il permet de modifier le groupement de ces lignes sur les tableaux de coupures et de mutations ou de maintenir sur le même conjoncteur un fil de ligne dont l'amorce souterraine a été changée en égout.

Il sert en outre de support aux fusibles destinés à protéger les installations intérieures et constitue un point de coupure entre le réseau et le Poste Central, ce qui permet la localisation d'un défaut à l'intérieur ou à l'extérieur de ce poste.

Tableau de coupures et d'essai.

Ce meuble permet de couper chaque ligne pour la relier à un poste d'essai ou d'effectuer rapidement les opérations demandées par les postes de coupures (isolement, mise à la terre etc...)

Il est desservi par 4 opérateurs.

Chaque position d'opérateur comprend :

Sur la face avant du meuble : des annonciateurs à volet.

Les conjoncteurs de lignes (fig. 1). — Des conjoncteurs à 4 ressorts et 2 contacts fixes :

Les deux ressorts de droite communiquent avec deux broches de la face avant du répartiteur d'entrée ; aux deux ressorts de gauche est rattaché un des annonciateurs à volet ; les deux contacts fixes sont reliés au conjoncteur correspondant du tableau général des mutations (fig. 1).

Afin de faciliter les manœuvres on a groupé dans le même ordre les broches du répartiteur d'entrée ; les annonciateurs à

volets, les conjoncteurs du tableau de coupures et ceux du tableau général des mutations.

Les lignes sont réparties de telle sorte que chaque opérateur

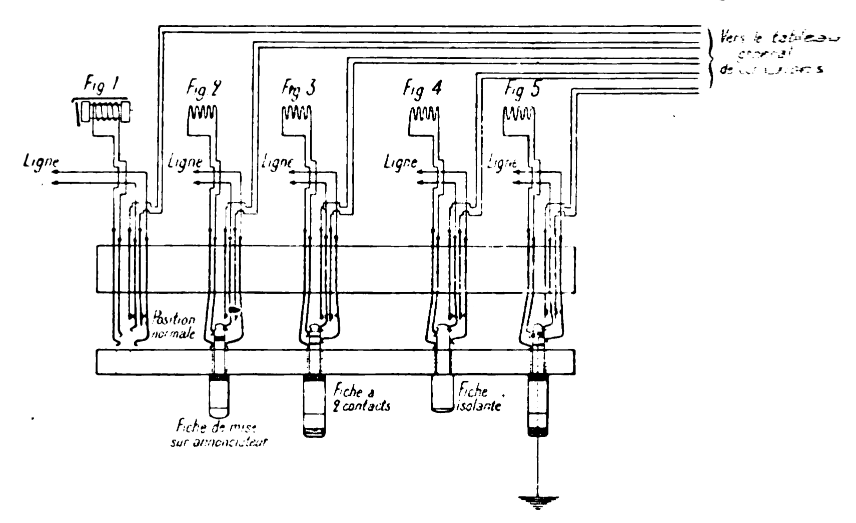


Fig. 1. — Schéma des connexions des jacks du tableau de coupures et d'essais.

Fig. 1. Ligne en position normale. — Fig. 2. Ligne en observation sur annonciateur. — Fig. 3. Ligne renvoyée sur Morse d'essai ou sur installation de mesures. — Fig. 4. Ligne isolée. — Fig. 5. Ligne mise à la terre.

Nota. — Une ligne peut être raccordée directement avec une autre pour constituer une boucle en introduisant dans les jacks de ces deux lignes des fiches semblables à celles de la figure 3 reliées par un cordon simple.

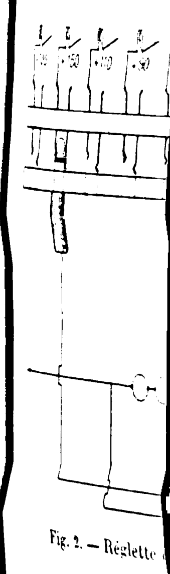
puisse atteindre toutes celles d'une même région car elles sont appelées éventuellement à se suppléer ou à entrer en combinaison.

Les conjoncteurs de voltage (fig. 2). — A la partie inférieure du panneau vertical une bande de dix conjoncteurs est placée devant l'opérateur.

Les 7 conjoncteurs de gauche reçoivent chacun à travers une lampe de sécurité les voltages suivants : — 130 + 130 + 110 + 90 + 50 — 30 + 30.

Le poste d'essai dispose de ces divers voltages afin de pouvoir opérer sur des lignes de longueur et de nature différentes.

Les lampes de sécurité forment un panneau situé sur un mur de la salle des fils.



A la droite des jacks de voltage, 6 annonciateurs spéciaux à volets dont la chute actionne une sonnerie sont reliés chacun à une fiche à 3 contacts qui permet la mise simultanée sur annonciateur et sonnerie d'un fil dont le rétablissement doit être spécialement surveillé.

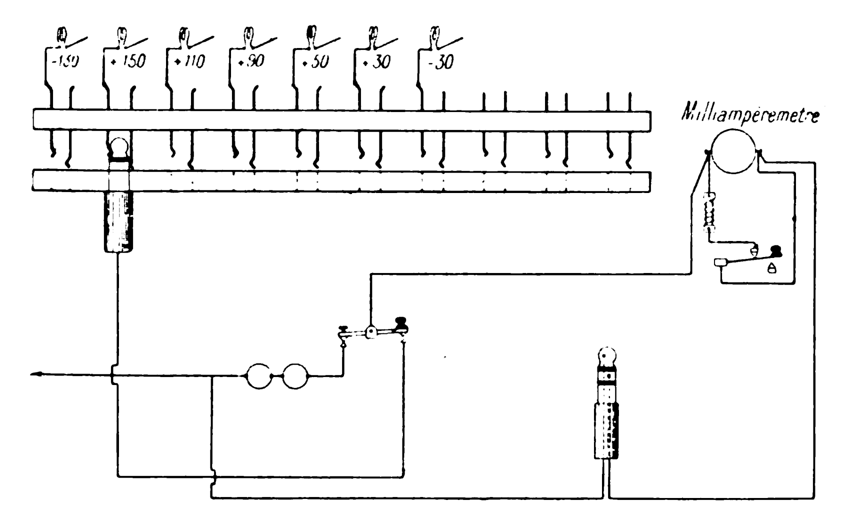


Fig. 2. — Réglette de prises de voltage au tableau des coupures.

Chaque poste d'opérateur comprend en outre un téléphone relié à un standard, une installation morse d'essai, un voltmètre, un milliampèremètre et des fiches : fiches de voltage, de Morse, de terre, de voltmètre, de renvoi sur meuble d'entr'aide, fiches relatives aux annonciateurs munis de sonnerie ; 2 fiches permettent pour l'ensemble du meuble le renvoi d'un fil sur l'un des 2 appareils enregistreurs.

L'enfoncement d'une fiche à 2 contacts sans cordon dans un conjoncteur de ligne permet de mettre la ligne en observation sur l'annonciateur.

L'enfoncement d'une fiche isolante en bois isole la ligne.

L'enfoncement de la fiche de voltmètre met cet appareil en dérivation sur la ligne.

L'enfoncement d'une fiche à 3 contacts relie la ligne au poste morse et au milliampèremètre ; mais pour affecter ce poste d'un

voltage approprié, il faut en outre enfoncer dans un des conjoncteurs de voltage une fiche à un contact.

Les schémas n°s 1 et 2 donnent le détail de ces opérations.

Un petit meuble supplémentaire situé près des tableaux des coupures est réservé à l'arrivée des fils de conversations avec les diverses agences des journaux ; ces fils sont exploités au Morse.

Un fil quelconque peut d'ailleurs à l'aide d'une fiche être renvoyé du tableau des coupures sur ce petit meuble qui peut servir éventuellement d'entraide.

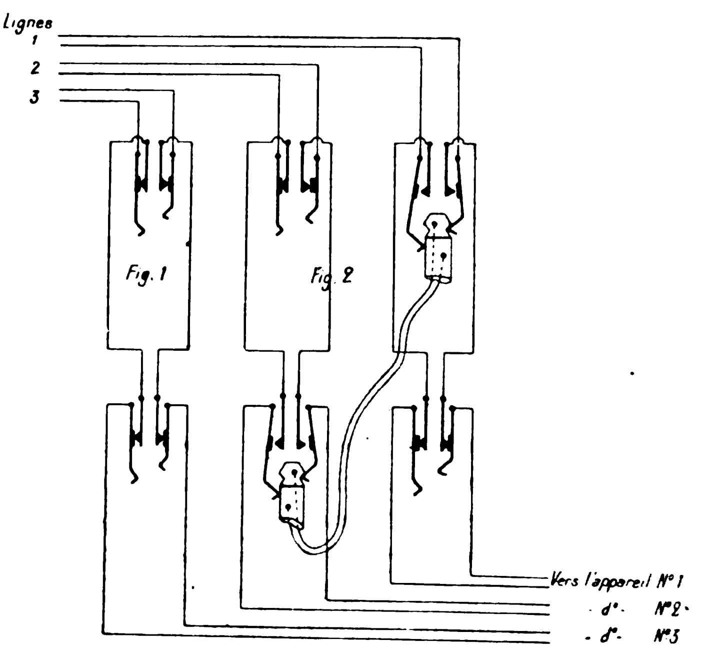


Fig. 3. — Schéma des communications du tableau général et des tableaux particuliers des mutations.

Fig. 1. Position normale : la ligne est acheminée directement vers son appareil. — Fig. 2. La ligne n° 1 est renvoyée sur l'appareil n° 2 et la ligne n° 2 est isolée ainsi que l'appareil n° 1.

Le tableau général des mutations (fig. 3). — Un appareil d'une des salles de transmission est normalement affecté à l'exploitation d'une ligne déterminée, mais il peut être nécessaire de desservir temporairement cette ligne soit par un autre appareil de la salle où elle aboutit, soit par un appareil d'une autre salle.

Le tableau général des mutations permet de réaliser ces combinaisons; mais en pratique afin de ne pas surcharger les panneaux du tableau général, seuls les renvois de cette ligne sur les appareils des salles où elle n'aboutit pas y sont effectués.

Un tableau particulier situé dans la salle permet les mutations de la ligne sur les différents appareils de cette salle.

Sur chaque circuit intérieur, 2 conjoncteurs sont embrochés successivement.

Un conjoncteur de ligne, un conjoncteur de salle ou d'appareil; ils sont disposés l'un au-dessus de l'autre. Chaque conjoncteur se compose de deux ressorts et de deux contacts fixes; les ressorts du conjoncteur de ligne communiquent avec les contacts fixes du conjoncteur du tableau des coupures.

Les ressorts du conjoncteur de salle sont en relation avec un conjoncteur du tableau particulier de la salle où aboutit normalement la ligne.

Enfin les contacts fixes du jack de ligne sont reliés aux contacts fixes du jack d'appareil.

Le renvoi normal de la ligne à l'appareil est ainsi établi sans fiche ni cordon, ce qui permet d'éviter l'enchevêtrement des anciennes rosaces.

L'ensemble des bandes de conjoncteurs constitue le tableau général des mutations. Chacun d'eux porte l'inscription de son affectation : la figure 3 indique que la ligne n° 3 aboutit normalement à l'appareil n° 3 d'une certaine salle (ou au jack n° 3 du tableau de cette salle). Le renvoi de cette ligne dans une autre salle s'effectuerait à l'aide d'un cordon souple à 2 fiches. La ligne n° 1 est renvoyée sur l'appareil n° 2, et la ligne n° 2 est isolée, ainsi que l'appareil n° 1.

Quelques fils sont mis en communication directe et passent seulement en coupure au Central, sans aboutir aux salles; les connexions qui établissent cette liaison peuvent être effectuées soit au répartiteur d'entrée, soit au répartiteur de sortie ; une telle disposition est dans ce dernier cas indiquée par la mention CD (communication directe) portée sur une étiquette qui obture sur le tableau des mutations, les deux conjoncteurs d'appareils ; mais

si cette liaison directe n'est plus utile à certaines heures de la journée (fil de presse) les fils peuvent être utilisés dans les salles par renvoi sur deux jacks d'appareils ; si une des lignes est inutilisée, on l'isole par l'introduction dans son jack d'une fiche isolante. Le tableau des mutations est en outre muni d'un milliampèremètre et d'un voltmètre qu'on peut à l'aide de fiches spéciales introduire : le 1er en série, et le 2e en dérivation dans le circuit, afin de se rendre compte de l'intensité et du voltage des courants au départ et à l'arrivée sans interrompre la communication (fig. 4).

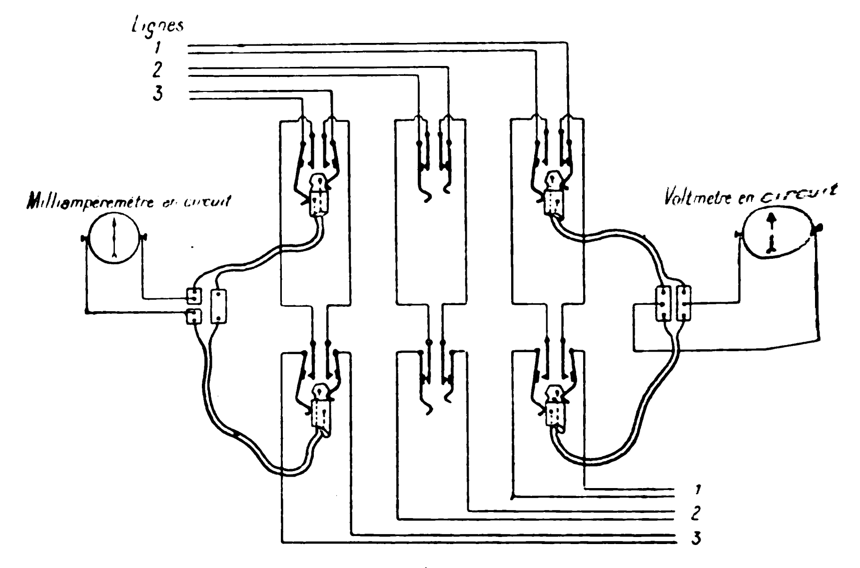


Fig. 4. — Schéma des communications du tableau général et des tableaux particuliers des mutations.

Enfin 4 fiches munies chacune d'un cordon souple aboutissant à des conjoncteurs du poste de mesures de la salle, permettent de renvoyer les lignes sur ce poste de mesure.

Le répartiteur de sortie. — Afin de n'effectuer à l'aide des cordons que les renvois essentiellement temporaires (et ce, en vue d'éviter l'encombrement du tableau des mutations) il a été installé un répartiteur de sortie. C'est sur ce dernier organe que sont effectuées :

1° Le renvoi d'une ligne quelconque dans une salle quelconque.

2° La mise en relation directe de deux lignes, lorsque ces liaisons doivent avoir une durée prolongée : leur établissement au répartiteur de sortie et non au répartiteur d'entrée a l'avantage de permettre pour ces conducteurs toutes les manœuvres (d'essais ou de renvois) qu'il est possible d'effectuer aux tableaux des coupures et des mutations.

Enfin dans le cas où un incendie partiel viendrait à se déclarer dans le tableau de coupures (sur lequel des voltages variant de 30 à 150 volts sont établis en permanence) ou dans le tableau de mutations, il serait possible d'établir rapidement et directement entre les deux répartiteurs et à l'aide de cordons souples des liaisons qui permettraient de continuer l'exploitation des fils, tout en procédant à la limitation où à la réparation des dégâts dans les meubles mis hors circuits.

Cette considération à contribué aussi à l'établissement des répartiteurs particuliers situés après les tableaux de mutations des diverses salles.

Le schéma n° 5 résume le trajet d'une ligne depuis le répartiteur d'entrée jusqu'au répartiteur de sortie.

Le tableau standard téléphonique à 100 directions. — Ce meuble assure la liaison de la salle des fils avec toutes les salles de transmission, avec le bureau de la Bourse et avec le réseau général.

Les divers postes situés dans la salle des fils y aboutissent.

Dans le cas d'une manœuvre urgente à effectuer avec un poste de province il est ainsi possible de le demander par avis de service au central interurbain.

Ce standard donne journellement plus de 900 communications.

Enfin une liaison directe est établie entre le laboratoire de l'Interurbain et la salle des fils : elle est utilisée pour téléphoner au laboratoire les avis de service intéressant exclusivement les circuits téléphoniques, avis qui sont télégraphiés par la province au Poste Central, et pour permettre au Laboratoire d'aviser la salle des fils de la suppression ou du rétablissement des appropriations au télégraphe faites sur certains circuits téléphoniques.

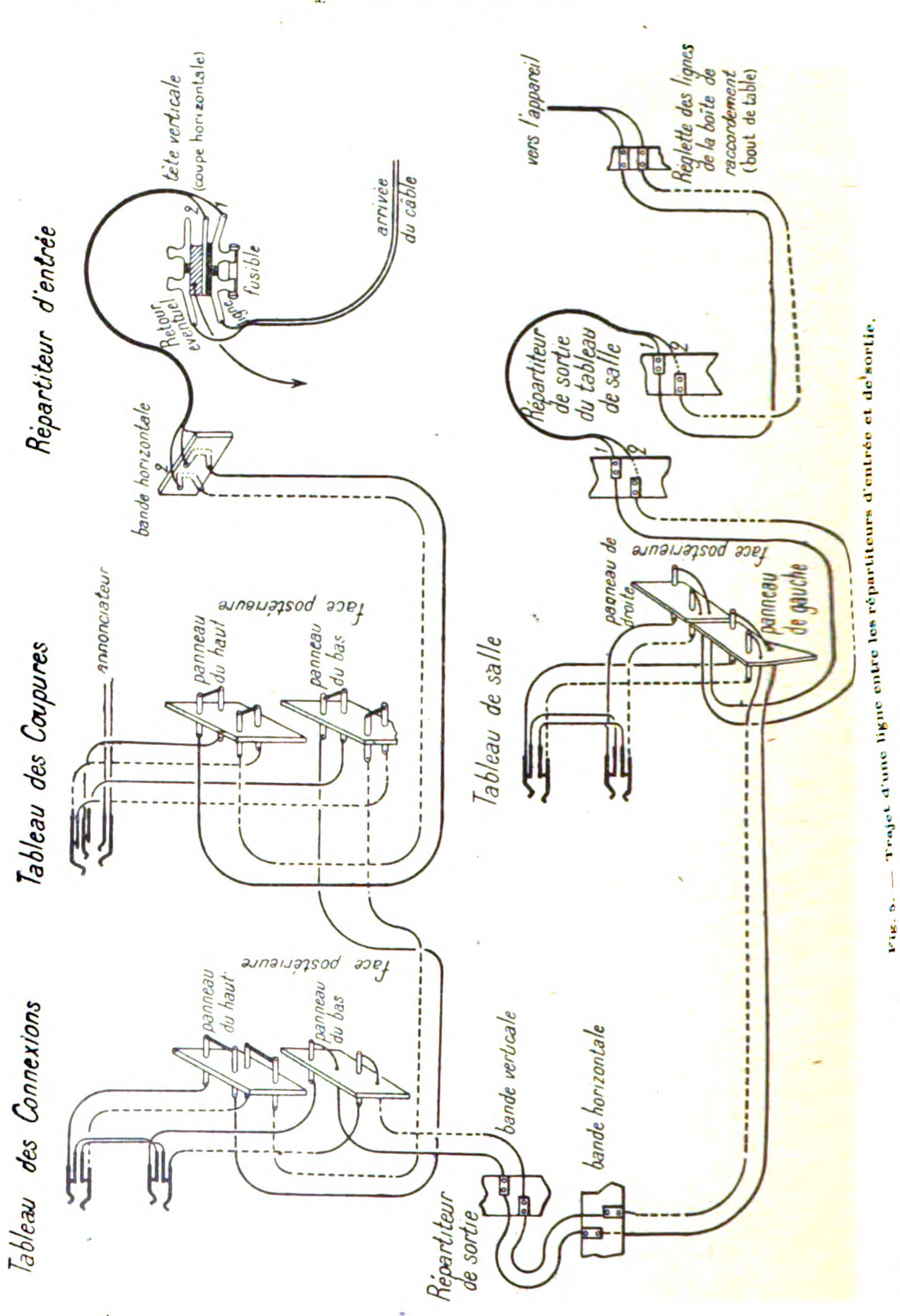


Fig. 5. — Trajet d'une ligne entre les répartiteurs d'entrée et de sortie.

La table d'essais e
une boîte de mes
un poste Morse,
une sonnerie, de
permettant d'empl
cédents.

Afin de faciliter
table d'essais, l'in
8 fiches monocorde
10 conjoncteurs es
aboutissent les cor
ral des mutations e
de renvoyer au p
organes des meubl
dérangement (conj

Les 4 jacks suiv
cher le dérangeme
Central.

A cet effet une
les mêmes dimen
tuée à un fusible
répartiteur d'entré
rieure de la sectio
ces sections de la
marqués « L_1 côté
identique à la prem
2e ligne sur les 2 c

L'enfoncement d
alors l'étude soit
d'une des deux secti
met la mise en serv
affectés aux foncti
Morse, sur sonneri
une fiche spéciale
éventuels sur des

La deuxième i

La table d'essais et de mesures : elle comprend (fig. 6) :

une boîte de mesures, une boîte d'essais ;

un poste Morse, un parleur télégraphique ;

une sonnerie, deux inverseurs de courant, des commutateurs permettant d'employer divers voltages sur un des appareils précédents.

Afin de faciliter les manœuvres de renvois des lignes sur la table d'essais, l'installation est munie de 10 conjoncteurs, de 8 fiches monocordes, et d'un cordon à 2 fiches ; le premier des 10 conjoncteurs est actuellement disponible ; aux 4 suivants aboutissent les cordons des 4 fiches situées sur le tableau général des mutations et dont l'emploi a été indiqué : elles permettent de renvoyer au poste d'essai la ligne complète y compris les organes des meubles qu'elle traverse et qui sont susceptibles de dérangement (conjoncteurs, griffes de répartiteurs, soudures).

Les 4 jacks suivants permettent à la table d'essais de rechercher le dérangement soit à l'extérieur soit à l'intérieur du Poste Central.

A cet effet une fiche à 2 contacts dont la tête a sensiblement les mêmes dimensions que le corps (fig. 6) peut être substituée à un fusible entre les deux griffes d'une tête verticale du répartiteur d'entrée ; cette fiche isole sur la ligne la section extérieure de la section intérieure au Poste Central et fait aboutir ces sections de la ligne à la table d'essai sur les conjoncteurs marqués « L_1 côté salle » et « L_2 côté Ligne » — une 2e fiche identique à la première permet d'amener les deux côtés d'une 2e ligne sur les 2 conjoncteurs L_2.

L'enfoncement des fiches dans les divers conjoncteurs permet alors l'étude soit de la ligne y compris tous ses organes, soit d'une des deux sections de la ligne. L'utilisation du dicorde permet la mise en service de la boîte d'essais — les monocordes sont affectés aux fonctions suivantes : mise d'un fil à la terre, sur Morse, sur sonnerie, sur parleur, sur la boîte de mesures ; enfin une fiche spéciale permettrait avec le 10e conjoncteur des essais éventuels sur des circuits téléphoniques.

La deuxième installation de mesures, qui possède un galva-

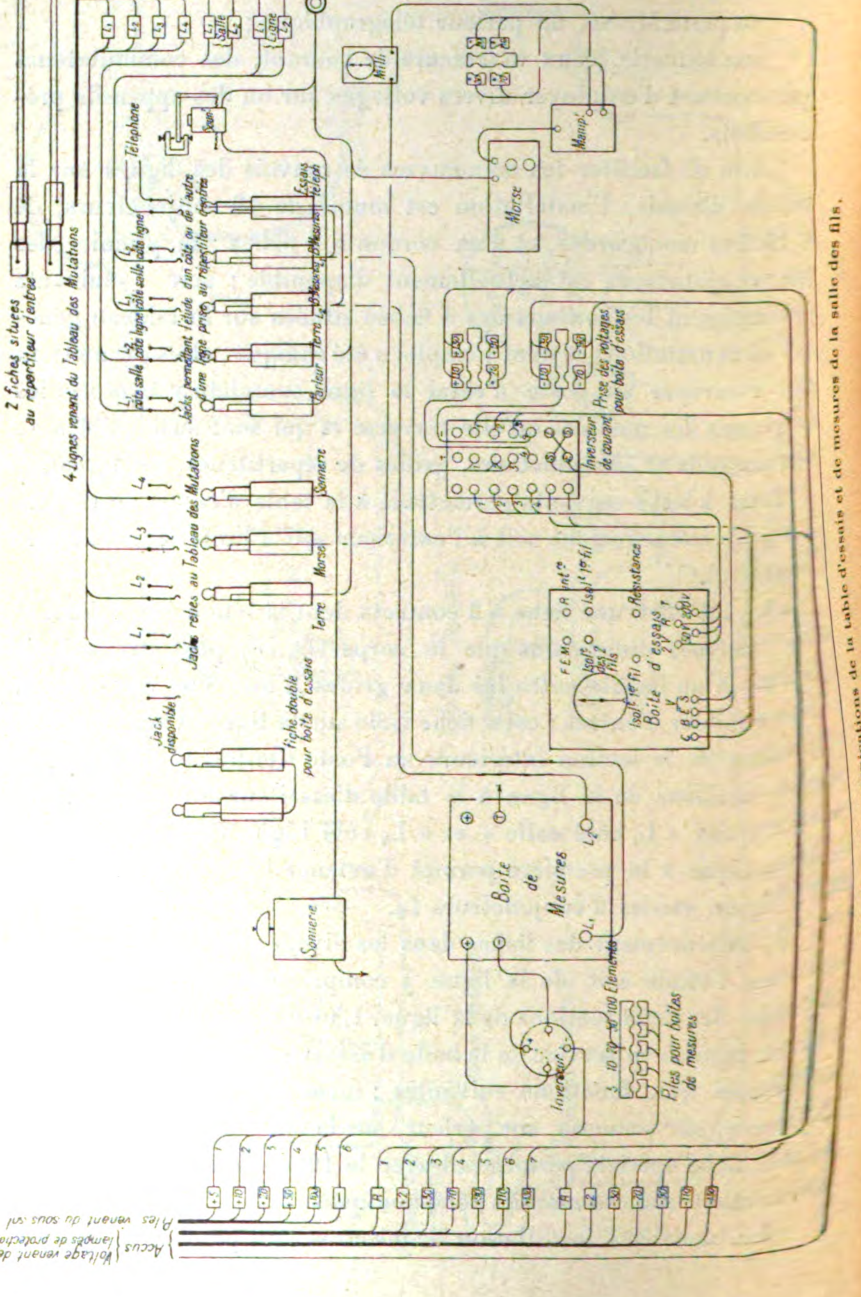


Fig. 6. — Communications de la table d'essais et de mesures de la salle des fils.

nomètre Deprez-d'Arsonval, un combinateur, un pont de Wheatstone, permet d'effectuer des mesures plus précises : elle est située dans une petite cabine qui l'isole de la salle. De cette façon une localisation peut être faite quand des essais périodiques sont en cours.

Enfin une petite modification à l'installation actuelle a été réalisée afin de pouvoir procéder à la localisation de rupture de fil par l'observation des effets de capacité conformément à la circulaire du 4 avril 1922. Les connexions utiles au montage, sont, conformément à cette circulaire, montées sur commutateur de façon à pouvoir retrouver sans difficulté l'installation normale du poste de mesure.

Les appareils enregistreurs.

Il est quelquefois nécessaire d'avoir des indications continues sur l'isolement de certains conducteurs pendant une ou même plusieurs journées. On y parvient facilement en branchant des appareils enregistreurs (voltmètres ou milliampèremètres) sur les conducteurs en question et en examinant les courbes obtenues. Au Poste Central des Télégraphes de Paris où cette méthode est souvent employée, il est fait usage d'un voltmètre enregistreur du type Chauvin-Arnoux et d'un milliampèremètre du type Meylan-d'Arsonval.

Le montage de ces deux appareils est indiqué par la figure 7.

Deux fiches en attente au tableau des coupures permettent lorsque l'une d'elles est enfoncée dans un conjoncteur de ligne de renvoyer cette ligne en observation soit sur le voltmètre soit sur le milliampèremètre ; la même manœuvre permet, en outre, l'envoi sur la ligne d'un courant de 110 volts positifs ou de 110 volts négatifs, suivant la position des commutateurs placés sur les circuits des 2 appareils enregistreurs (ces appareils ne peuvent être branchés simultanément sur le même fil).

L'extrémité du conducteur en observation est tenue soigneusement isolée par le poste correspondant pendant toute la période de sa mise en observation.

Des tableaux joints aux appareils permettent de traduire immédiatement les indications de la courbe à chaque instant, soit en ohms (résistance d'isolement) pour les courbes relevées au voltmètre $\left(x_{\text{ohms}} = R\,\frac{E - e}{e}\right)$ soit en milliampères (courant de perte) pour les courbes relevées au milliampèremètre.

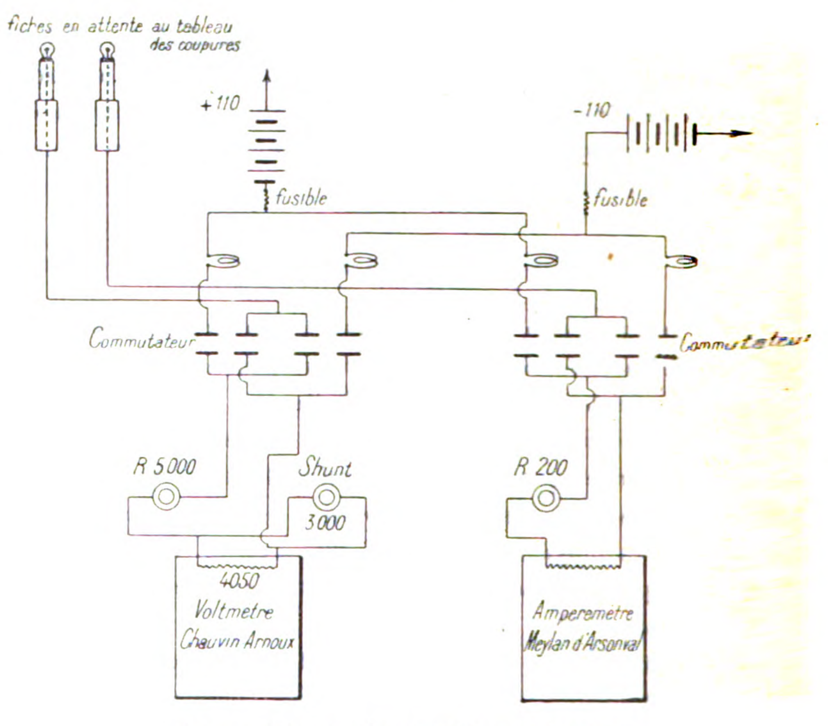
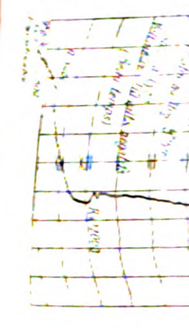


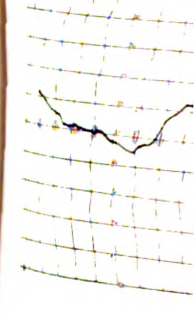
Fig. 7. — Montage des appareils enregistreurs.

Voici à titre d'exemple 3 courbes obtenues au Poste Central :

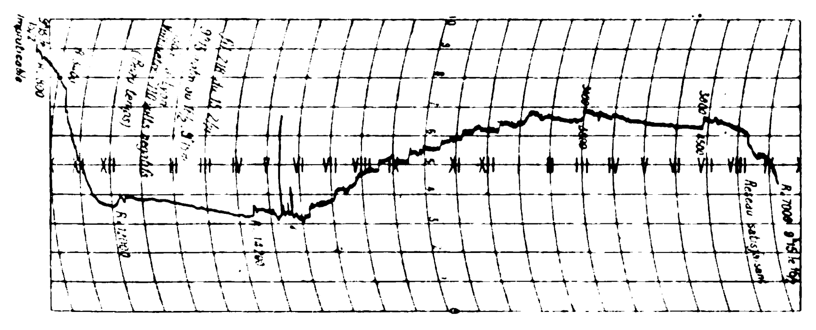
La *1re courbe* relevée au voltmètre concerne un fil télégraphique (Paris-Marseille) isolé à Lyon du 15 février 1921 à 9 h. 15 m. au 16 février à 9 h. 15 m. chargé par une pile de 110 volts négatifs.

Ce fil n'était affecté d'aucun dérangement (temps beau à Paris, brouillard dans la campagne). Le 15 février à 9 h. 15 le fil ne présente qu'une résistance d'isolement de 800 ohms (isolement



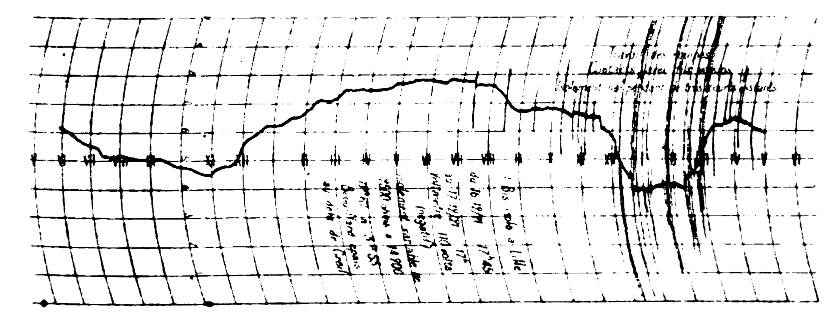


kilométrique : 0 Ω 4) et est impraticable ; le soleil chassant le brouillard, la courbe descend très rapidement montrant que l'isolement remonte ; ce dernier est de 3.400 (isolement kilométrique 1 Ω 5) à 10 h. 30 du matin et atteint 12.000 (isolement km. 5 Ω)



Courbe n° 1.

à midi : de midi à 5 heures du soir la courbe varie peu, l'isolement se maintient à une valeur élevée ; mais à partir du coucher de soleil, la courbe s'élève peu à peu montrant une baisse de l'isolement consécutive à la réapparition de l'humidité : le minimum de l'isolement est observé vers 2 h. du matin et se maintient avec des variations peu importantes jusqu'à l'apparition du soleil.



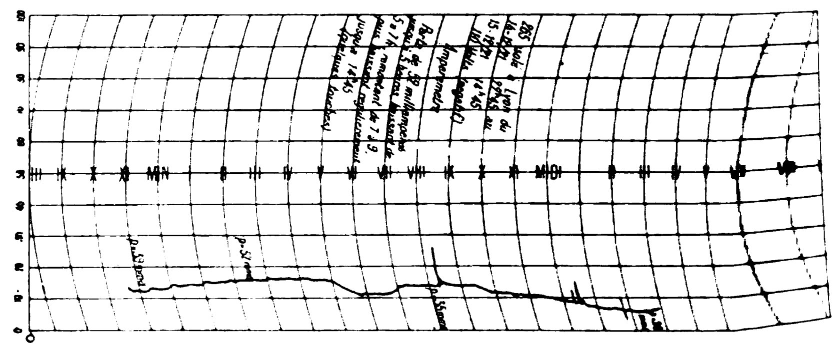
Courbe n° 2.

La *2e courbe* relevée au voltmètre concerne un fil télégraphique isolé à Lille du 16 décembre 1921 à 17 h. 45 au 17 décembre 1921 à 17 h. et chargé par un courant de 110 volts négatifs.

L'isolement de ce fil a varié pendant l'observation de 2.500

ohms à 14.200 ohms ce qui donne un isolement kilométrique moyen variant entre 0 Ω 67 (fil impraticable) à 3 Ω 55 (bon isolement). Sur ce graphique on relève nettement entre 7 h. 30 et 16 h. 30 des variations brusques et intermittentes d'isolement dues à des touches provoquées par la présence d'une équipe d'ouvriers sur la ligne.

Enfin la 3e *courbe* relevée au milliampèremètre concerne un fil télégraphique isolé à Lyon pendant 16 heures du 13 décembre 1921 à 22 h. 45 au 15 décembre 1921 à 14 h. 45 chargé par une



Courbe n° 3.

pile de 110 volts négatifs ; on y constate une perte à peu près stable de 52 milliampères de 22 h. 45 à 5 h. du matin (ce qui correspond à 16 divisions du papier sur lequel s'inscrit la courbe), perte baissant de 5 à 7 h., remontant de 7 h. à 9 h. puis baissant régulièrement jusqu'à 14 h. 45.

Il faut remarquer que pour l'étude continue de l'isolement les indications du voltmètre sont très supérieures à celles du milliampèremètre ; en effet sur les tableaux joints aux appareils et traduisant pour le premier, les indications du graphique en résistance d'isolement et pour le deuxième les indications du graphique en milliampères de perte, on constate que les indications utiles du milliampèremètre sont comprises entre les divisions 1 et 20 du graphique, car deux divisions correspondent à 6 mmA 5 de perte, 20 divisions à 95 milliampères ce qui est déjà une perte importante ; la courbe présente donc très peu de différence entre

ses ordonnées et se trouve inscrite dans le voisinage de la ligne des abscisses ce qui nuit à des lectures précises.

Pour le voltmètre, au contraire : 1 division équivaut à 150.000 ohms d'isolement, 10 divisions à 25.000 ohms et 25 divisions à 7.000 ohms (7.000 ohms correspondent pour un fil un peu long — Paris-Lyon 500 km. — à un isolement kilométrique de 3 Ω 5) : la courbe s'éloigne sensiblement de l'axe des abscisses, et les variations continues des ordonnées très appréciables, permettent de bonnes lectures.

III

Etude de l'organisation du service effectué à la salle d'essai des fils.

a) *Manœuvres effectuées à la salle d'essai des fils lorsqu'un fil est signalé en dérangement par une salle de transmision.*

Dans ce qui suit, les agents de la salle des fils sont désignés par le n° téléphonique qui leur est affecté au meuble standard.

Lorsqu'un fil devient impraticable, l'employé qui le dessert prévient immédiatement son contrôleur. Ce dernier invite l'agent de service au tableau particulier des mutations de la salle à effectuer sur le fil un essai rapide afin d'en déterminer le défaut ; cet agent fait ensuite à son collègue du tableau général des mutations, l'annonce téléphonique suivante : « prenez fil n°. . . . , desservant poste. . . . », mention qu'il doit compléter par l'indication de la nature du dérangement (isolé, terre ou mêlé).

Intervention de l'opérateur du tableau des mutations. — L'employé du tableau général des mutations (n° 67) inscrit sur une feuille de service (jaune) l'avis reçu en y ajoutant la date et l'heure exacte de la prise en charge du fil ; de plus, dans la case réservée aux indications de transmission, il porte sous forme de fraction : 1° le n° téléphonique du panneau de coupure qui dessert l'artère du fil incriminé : (n° 62 par exemple) ; 2° le n° téléphonique de l'agent chargé de la tenue des cahiers de secteurs (n° 65) ; 3° le n° téléphonique de l'agent préposé à la tenue de la situation journalière des fils (n° 100) : 62/65/100.

Afin d'éviter toute erreur (possible à cause des continuelles mutations effectuées) il s'assure en outre si les indications données par la salle sur le fil incriminé correspondent bien aux indications portées à la feuille de situation.

(Est-ce bien le n°.... qui dessert Lyon-quadruple ?)

La formule jaune est alors remise par ses soins au panneau intéressé du tableau des coupures.

Intervention de l'opérateur du tableau des coupures. — L'employé préposé à ce panneau n° 62 place immédiatement le fil en attente sur l'annonciateur à volet au moyen d'une fiche sans cordon. Puis il inscrit sur un cahier les indications portées sur la formule jaune, il biffe sur cette formule le chiffre correspondant à son n° téléphonique et l'accroche au pique-notes. Il pourvoit aussitôt et dans la mesure des disponibilités au remplacement du fil après entente avec l'agent n° 100 chargé de la feuille de situation ; il procède ensuite à la localisation du défaut conformément aux indications du règlement en avisant les postes de coupure soit par fil spécial de conversation télégraphique si l'état du réseau lui permet d'en conserver, soit par avis de service passé dans les salles de transmission.

Si le dérangement est situé entre Paris et le premier poste de coupure, l'agent n° 62 avise son collègue de la table des mesures dont l'intervention sera examinée plus loin.

Intervention de l'agent chargé des cahiers de dérangements. — La formule jaune est apportée par les soins d'un facteur bouliste à l'agent chargé des cahiers des dérangements secteurs Nord-Est et Sud-Ouest (agent n° 65) : ce dernier inscrit sur un de ces cahiers les indications portées par la formule et l'heure de prise en charge du fil ; il y mentionne aussi les localisations des défauts et le rétablissement des fils dès qu'ils lui sont signalés par les agents des panneaux de coupure. Mais le rôle le plus important de cet agent est le suivant :

Il doit aviser téléphoniquement les divers services chargés de la relève des dérangements qui se produisent, soit sur les câbles souterrains à longue distance, soit dans la région électrique parisienne. Dans ce dernier cas il téléphone à la Direction des Ser-

vices extra-muros si le dérangement a lieu dans un bureau de banlieue ou sur une artère aérienne, soit à la Direction des services télégraphiques si le dérangement a lieu dans un bureau de Paris ou sur une artère souterraine dans Paris.

Intervention de l'agent chargé de la feuille de situation. — La formule jaune sur laquelle l'agent n° 65 a biffé à son tour son numéro dans la case des indications de transmission est remise à l'agent chargé de la situation des fils.

Sur une grande feuille imprimée sont portés par ordre numérique et par colonne tous les fils de grande communication ; chaque fil doit conserver en principe l'affectation qui lui est donnée à la nomenclature des fils télégraphiques. Si toutes les affectations restaient conformes à cette nomenclature la feuille de situation serait exempte de toute annotation, mais par suite des dérangements certains fils disponibles servent momentanément à remplacer des fils normaux.

Dans ce cas, dans la case réservée au fil normal sur la feuille de situation l'agent n° 100 mentionne le numéro du fil qui lui est substitué et l'heure de la substitution ; c'est lui qui renseigne les agents des tableaux de coupures sur les disponibilités du réseau et sur les combinaisons possibles pour assurer la continuité des liaisons.

Intervention de l'agent de service à la table des mesures. — Cet agent est avisé de vive voix par un opérateur du tableau des coupures qu'un fil est en dérangement entre Paris et le premier poste de coupure situé sur son artère ; la nature du dérangement lui est précisée. A l'aide d'une des quatre fiches monocordes situées sur le keyboard du tableau des mutations, il renvoie ce fil sur la table d'essai, à moins qu'il n'effectue ce renvoi par une des deux fiches de secours précédemment décrites et placées au répartiteur d'entrée.

Il localise le dérangement selon les méthodes indiquées au règlement ; il inscrit alors sur un avis de service l'endroit probable que ses calculs assignent au défaut et porte cet avis à l'agent n° 65 (cahier des secteurs) qui avise téléphoniquement un des services chargés de la relève des dérangements. Ce service envoie

une équipe sur la ligne. Le chef de cette équipe lorsqu'il a procédé à la réparation de la ligne d'après les indications de la salle des fils, renseigne à son tour le contrôleur de cette salle sur l'endroit précis où le défaut a été relevé.

Cette méthode permet d'apprécier la valeur de la mesure, d'en rechercher les causes d'erreurs, et d'éviter à l'avenir ces erreurs dans la mesure du possible.

b) *Manœuvres effectuées lorsqu'un fil rétabli est renvoyé à la salle de transmission.*

Intervention de l'agent du tableau de coupures. — Lorsqu'un agent du tableau des coupures a rétabli un fil interrompu il biffe sur le cahier de prise en charge qui se rapporte à son panneau le numéro du fil qu'il y avait inscrit et marque l'heure exacte du rétablissement. Si ce fil possède une affectation normale, il doit la lui rendre dans la mesure du possible. Il communique ces renseignements de vive voix à l'employé chargé du tableau des mutations, en même temps qu'il les inscrit sur une formule jaune, sur laquelle il porte sous forme de fraction, dans la case réservée aux indications de transmission, 67 (connexions) 65 (cahiers N.-E., S.-O) et 100 (situation); il y appose sa signature et met la formule au pique-notes. Cette formule est portée par un facteur bouliste au tableau des mutations.

Intervention de l'agent du tableau des mutations. — Dès que l'agent de ce tableau est prévenu par son collègue du tableau des coupures qu'un fil « x » est affecté à une communication « y » il avise immédiatement par téléphone le contrôleur ou l'agent du tableau de salle dans laquelle le poste « y » possède son appareil normal en lui indiquant, dans tous les cas, pour éviter des erreurs, le n° du fil, le n° de l'appareil et la désignation de la salle. En même temps il inscrit ces renseignements sur un carnet spécial et note l'heure exacte à laquelle ce fil a été rétabli.

Il reproduit ensuite ces renseignements sur une formule jaune adressée au contrôleur du poste rétabli ; c'est la confirmation écrite de la communication téléphonique. Cette formule signée

par l'agent porte la mention « retour à la salle des fils après visa ». Envoyée à l'aide des tubes pneumatiques par un facteur bouliste dans la salle indiquée, cette formule est signée par le contrôleur et renvoyée à la salle des fils.

Toutefois l'agent chargé des mutations compare si les indications de la formule jaune provenant du tableau de coupures, correspondent à celles qu'il a reçues de vive voix et qui sont déjà inscrites à son cahier. Si elles ne concordent pas, il se met d'accord avec l'agent du panneau intéressé, puis biffe le n° 67 sur la formule et la met au pique-notes d'où elle est apportée à l'agent n° 65 (cahiers Nord-Est et Sud-Ouest).

Intervention de l'agent du cahier des Secteurs Nord-Est et Sud-Ouest. — Ce dernier biffe sur ses registres le n° du fil en indiquant l'heure exacte de son rétablissement ; il efface le n° 65 sur la formule et la met au pique-notes.

Si le dérangement était localisé dans la limite électrique de la région parisienne il avise par téléphone le service qui en a fait effectuer la relève.

La formule jaune est portée à l'agent chargé de la feuille de situation (n° 100).

Intervention de l'agent chargé de la feuille de situation (n° 100). — 1er cas. Le fil interrompu n'était pas remplacé : l'agent indique dans la case réservée au fil signalé par la formule le rétablissement de ce fil et l'heure exacte de ce rétablissement.

2e cas. Le fil était remplacé : l'agent trouve dans la case du fil signalé l'indication d'un fil anormal. Il biffe cette dernière et la remplace par celle du fil normal, il inscrit l'heure du rétablissement. De plus, se reportant à la case du fil anormal, il y raye l'affectation de ce fil qu'il remplace par la lettre D (disponible) et il y porte l'heure du rétablissement normal. Il biffe alors le chiffre 100 sur la formule qui est classée.

Tableau particulier de salle. — Une fois avisé par téléphone qu'un fil « x » est rétabli et affecté à un poste « y » par renvoi « z », le contrôleur de la section ou l'agent du tableau de salle vérifie, à l'aide de l'appareil Morse du tableau, si par le renvoi indiqué il communique bien avec le poste annoncé. Le fil est

ensuite relié à l'appareil par simple retrait de la fiche de morse, si le rétablissement s'effectue sur l'appareil normal ; par l'emploi d'un cordon à 2 fiches si un autre appareil est mis en service.

Le contrôleur avise alors l'agent chargé de desservir le poste que le fil est rétabli.

IV

Qualités à exiger d'un agent de la salle des fils.

Cet agent qui doit remplir indifféremment une des fonctions indiquées au paragraphe précédent, doit avoir :

1° Une connaissance parfaite du réseau et de son état, lui permettant de pressentir et même de prévenir les défauts graves qui menacent ce réseau.

2° Des notions d'électricité suffisantes pour pouvoir effectuer des mesures, pour savoir, au besoin, en interpréter les résultats et ne les accepter qu'après le contrôle de la discussion, ce qu'il est impossible de demander à celui qui connaît seulement les opérations mécaniques exigées par l'emploi de la table d'essais et qui applique des formules qu'il comprend mal.

Des exemples feront mieux comprendre la qualité d'un bon service exécuté à la salle des fils.

Exemple : Supposons que le fil n° 209 soit isolé entre Paris et Lyon. La salle d'essai des fils de Paris doit envoyer un avis de service au premier poste de coupure de 1re catégorie : Montereau dans le cas envisagé ; au bout d'un temps qui varie selon les circonstances (fil de Paris à Montereau momentanément interrompu, dérangement d'appareil etc.) l'agent de Montereau reçoit l'avis de service, et se porte sur le fil incriminé, si toutefois il n'est pas à ce moment chargé d'une localisation sur d'autres fils ou circuits.

Si le fil 209 est reconnu bon entre Paris et Montereau ce dernier poste fait intervenir le premier poste de coupure suivant qui est Dijon ; l'opération se poursuit jusqu'au moment où le défaut est découvert. La localisation peut donc durer plusieurs heures, même une journée ; mais si l'agent sait tirer parti de sa connais-

sance du réseau et s'il sait interpréter les résultats de ses essais, la durée des recherches peut être sensiblement réduite ; si avant de déranger un poste de coupure, il envoie, par temps sec, un courant d'un voltage déterminé (130 v. pour les fils à grande distance) la déviation au milliampèremètre sera nulle, mais le son produit par l'appel de la palette de son morse, dû à l'intensité du courant de retour, lui permet dans bien des cas de désigner l'endroit approximatif où le fil est isolé. Par temps humide il obtiendra sur un fil isolé une déviation gênante pour de telles prévisions.

Il peut, d'autre part, s'efforcer d'avoir avec chacun des principaux postes de coupure un fil de conversation qui permet les interventions immédiates et qui évite l'encombrement du réseau par les avis de service.

Ces fils de conversation peuvent être des conducteurs disponibles, ou des sections de fils dont certaines parties, momentanément affectées d'un défaut sont en localisation.

D'autre part, les conversations télégraphiques engagées entre la salle des fils et un poste de coupure doivent être exprimées en langage clair et concis afin d'éviter toute erreur de manœuvre et toute perte de temps.

Une connaissance exacte du parcours des fils et des caractéristiques géographiques des régions traversées par les artères, peut aussi abréger la recherche des défauts ; certains fils peuvent n'emprunter le même itinéraire que sur des fractions de leur trajet ; exemple : les fils 44 et 49 Paris-Boulogne ne suivent le même parcours qu'après Amiens ; si un mélange est signalé entre ces fils il est au delà d'Amiens ; les fils 1 et 1 bis Paris-Bruxelles ne peuvent être mêlés qu'entre Paris et Saint-Denis, ou dans la ville de Creil. Les fils 206 et 209 Paris-Lyon ne peuvent l'être qu'entre Paris et Moret, etc.

Les fils de Bretagne sont particulièrement éprouvés entre Rennes et Brest, ceux de Bordeaux entre Châteaudun et Tours, ceux de Toulouse entre Orléans et Vierzon, etc.

L'agent de la salle d'essai des fils doit s'attacher à constituer des communications provisoires avec les sections utilisables des

conducteurs en dérangements, mais il doit pour cela connaître la valeur électrique, la constitution des divers fils et noter soigneusement sur un registre les combinaisons effectuées anormalement afin d'éviter de grandes difficultés d'exploitation.

La connaissance de toutes les opérations permises par la boîte d'essais et la boîte de mesure sont en outre indispensables. Lorsqu'il est de service à la table d'essais, il ne doit pas perdre une occasion d'effectuer des localisations précises et même des mesures systématiques sur les fils souvent signalés comme impraticables, par les contrôleurs des salles.

Les essais, les mesures, les contre-épreuves demandées aux postes correspondants, l'étude des courbes obtenues à l'aide des appareils enregistreurs, contribuent puissamment à la connaissance du réseau. Tout employé doit savoir par exemple : 1° que les essais bimensuels effectués sur les fils ne peuvent donner au point de vue de l'isolement que des chiffres caractérisant cet isolement à l'instant de l'essai, qu'il varie à chaque heure de la journée et que des courbes donneront mieux que toute mesure une idée de l'état général d'un fil au point de vue de l'isolement.

2° de quelle importance peuvent être pour le résultat de ses calculs les erreurs de lecture qu'il peut commettre.

3° que des mesures faites sans précaution, ni discernement aboutissent à des résultats sans valeur :

a) Dans la mesure des résistances électriques et des résistances d'isolement, l'influence des pertes uniformément réparties le long de la ligne ne peut être éliminée que si les mesures sont faites quand l'isolement est très élevé.

b) Quand une perte est concentrée en un certain point d'une ligne on ne trouve pas, en général, le même résultat en mesurant la résistance des deux côtés de la ligne : d'où la nécessité d'exiger une mesure du correspondant, etc.

Enfin les agents doivent s'attacher à tenir avec le plus grand soin les divers registres et documents sans lesquels la plupart des opérations dont est chargée la salle des fils deviendraient soit impraticables, soit sans intérêt ; toute fausse indication

portée au registre des références, principalement dans la constitution des fils, a pour conséquence une interprétation erronée des résultats d'une mesure, et le maintien injustifié d'une équipe sur l'artère en dérangement.

LA PROTECTION

DES

Câbles téléphoniques contre l'électrolyse

Par M. REMAUGÉ,

Ancien Ingénieur des Télégraphes,
Directeur de la Cie d'éclairage et de transport de force, à Limoges.

L'auteur exmamine les moyens de réduire la détérioration des câbles téléphoniques, des conduites d'eau et de gaz résultant de l'électrolyse produite par les tramways électriques. Il préconise une collaboration étroite entre les techniciens des compagnies de tramways intéressées et ceux des services publics gênés dans leur exploitation. M. Remaugé étudie successivement l'origine possible des courants électrolysants, puis des dispositifs susceptibles suivant les cas d'atténuer les dégâts ; il termine en indiquant comment peuvent être portés à la connaissance des intéressés les conseils pratiques, en dehors de toute réglementation administrative.

Sommaire.

En dehors des prescriptions de l'arrêté technique (1), il est possible, par l'emploi de dispositions convenables, de prévenir ou de limiter les effets de l'électrolyse, et d'en déterminer les causes, de manière à réaliser une unification des méthodes de recherche et de protection et, en même temps, de proscrire certains errements dont l'opportunité a été controuvée.

Des résultats intéressants obtenus à cet égard dans la région parisienne, grâce aux heureux effets d'une collaboration effective entre le personnel des T.C.R.P. et le personnel de l'Administration des P. T. T., Société du Gaz, etc... permettent d'apprécier l'opportunité d'une pareille mesure.

Si l'avantage de cette coopération des divers services apparaît nettement aux « Electrolysés », certains exploitants de réseaux de traction y voient, par contre, un danger. Il importe donc tout d'abord, que ceux-ci veuillent bien comprendre que non seulement l'intérêt général mais leur strict intérêt même est intimement lié au développement de la technique des mesures de protection contre l'électrolyse ; qu'ils trouveront un bénéfice certain à en limiter les effets, même au prix de quelques dépenses ; que les dispositions elles-mêmes qui peuvent servir à déterminer l'origine de courants vagabonds appelleront utilement leur attention sur les points faibles de leur installation ; et que si, dans certains cas, elles pourront être invoquées à leur charge, elles pourront également, dans d'autres, dégager ou restreindre leur responsabilité.

Il est non moins nécessaire que l'attention des Fonctionnaires des Télégraphes, du personnel des Compagnies de Gaz et d'Eau, soit appelée sur l'intérêt d'étudier les dispositions les meilleures pour assurer la sécurité de leur exploitation.

On peut dire d'une façon générale que les recherches, les mesures, l'application de dispositifs nouveaux ne seront efficaces que si elles sont poursuivies en commun entre électrolysants et électrolysés ; elles ne donneront d'heureux résultats que si les uns et les autres sont animés du même esprit d'entente et du même désir d'aboutir.

---

(1) *Annales des P. T. T.*, 1922, p. 40.

C'est ainsi qu'il est essentiel que le personnel des P. T. T., des Sociétés de Gaz et d'Eau, etc... n'ignore pas les conditions d'installation et d'exploitation du réseau de traction; qu'il soit tenu au courant des modifications et extensions projetées et averti de leur réalisation. Il est pareillement d'un intérêt évident, que les schémas de parcours des conduites métalliques aussi bien que les conditions de leur établissement soient portées à la connaissance des Compagnies de traction; celles-ci pourront ainsi formuler des avis et présenter des observations.

Détermination de l'origine des courants vagabonds électrolysants

Ces courants proviennent, dans presque tous les cas, des dérivations qui s'établissent à partir des circuits d'alimentation positifs et négatifs des installations de traction. Ils sont particulièrement intenses lorsque le retour du courant de traction se fait par les rails de roulement dont l'isolement parfait par rapport au sol est, en général, impossible à réaliser. Exceptionnellement, dans les réseaux de distribution mal isolés, des pertes importantes et dangereuses ont pu être constatées. Si l'effet des courants continus est particulièrement à craindre pour l'objet considéré, les courants alternatifs eux-mêmes peuvent néanmoins déterminer des actions électrolytiques qui présenteront en outre le caractère d'être moins localisées que les phénomènes causés par les courants continus.

D'une manière générale, l'électrolyse se manifestera dans les régions où le potentiel des voies est minimum, c'est-à-dire aux environs des points de jonction aux rails des feeders de retour. lorsque ceux-ci seront reliés, comme c'est généralement le cas, au pôle négatif des machines génératrices.

C'est en ces points, en effet, que les courants vagabonds collectés par les feeders sortiront des canalisations métalliques voisines. Des phénomènes d'électrolyse seront également constatés au voisinage des points de discontinuité du réseau, aiguillage croisement, etc. même en l'absence de feeder de retour aboutissant à ces points. L'entrée du courant dans les mêmes conduites

métalliques ou plus exactement la sortie du courant hors des rails, se fera par contre, en général, au voisinage des points du rail présentant le potentiel maximum, c'est-à-dire en des points du réseau qui peuvent varier à chaque instant suivant la répartition de la puissance absorbée par les voitures de traction.

En raison du mode de distribution des feeders généralement adopté, les terminus des voies feront en général des régions de fuite du courant hors de la voie.

Il résulte d'un grand nombre de constatations que les zones de fuite du courant hors de la voie, sont en moyenne 2 fois plus étendues que les zones d'entrée, lorsque le pôle négatif est relié au rail ; ce serait l'inverse si les rails étaient connectés au pôle positif.

En vue d'éviter toute confusion de termes, on distinguera dans la suite de cette étude, suivant leur caractère, les courants à considérer :

1) courants circulant dans les voies de traction (courants de *circulation*).

2) courants circulant dans le sol (courants *vagabonds*).

3) courants circulant dans les conduites enfoncées dans le sol (courants *collectés*).

Les mesures électriques permettant d'étudier la distribution et le sens de ces courants de circulation, courants vagabonds et courants collectés auront donc, pour objet, d'une part, de déterminer la différence de potentiel entre rails et conduites voisines ; d'autre part, d'étudier parallèlement la circulation des courants dans les rails et dans les conduites métalliques suivant des itinéraires présentant avec la voie de traction des points de croisement ou des sections de parallélisme rapproché.

La mesure des différences de potentiel entre rail et conduite nécessite, pour avoir un sens, d'être poursuivie pendant un cycle complet d'exploitation du réseau, c'est-à-dire pendant au moins 24 heures. — On utilisera à cet effet un voltmètre enregistreur ou à lecture directe branché entre rail et câble. — Il sera en outre avantageux de reprendre ces expériences par des conditions différentes d'humidité du sol et les résultats seront chaque

fois comparés. On obtiendra de cette façon une première indication sur le sens possible de circulation des courants vagabonds au voisinage des points considérés, il faudra toutefois se garder de conclure à l'existence de ces courants, ceux-ci étant déterminés non seulement par la différence de potentiel mesurée, mais encore par la résistance offerte par les circuits dérivés.

La détermination des courants circulant parallèlement dans les rails de roulement et conduites métalliques voisines (courants de circulation et courants collectés) se fera commodément en disposant deux voltmètres enregistreurs ou à lecture directe superposée branchés, le premier entre deux points situés à une distance connue l'un de l'autre sur le rail de roulement ; le second en dérivation sur deux points correspondants de la conduite considérée. On obtiendra une idée de l'ordre de grandeur des courants de circulation et collectés en évaluant la résistance électrique des portions de rails ou de conduites aux extrémités desquelles on a mesuré la chute ohmique. On observera d'autre part, si les courbes ou les indications des deux appareils présentent ou non, pendant des temps observés, des variations coïncidentes : dans le premier cas, *et quel que soit d'ailleurs le sens relatif de ces variations*, on pourra conclure de façon certaine que les courants ont la même origine et qu'en particulier le courant de traction est au moins partiellement dérivé sur la conduite métallique. On s'assurera en outre que des courants provenant eux-mêmes de fuites d'un réseau voisin ne se superposent pas aux précédents, en coupant le courant pendant un temps qui peut d'ailleurs être très court sur le réseau considéré et en examinant si un courant persiste ou non sur les rails et sur la conduite. Si les courbes tracées n'offrent pas de parallélisme sensible, et si les pointes du courant de traction n'apparaissent pas sur la courbe du courant dans la conduite métallique, c'est qu'il est probable que le courant circulant dans la conduite provient d'une cause éloignée qu'il y aura lieu de rechercher et que le courant dérivé à partir du réseau de *traction dans la région considérée* est négligeable vis-à-vis du courant total circulant dans la conduite.

Cet essai s'il est exécuté périodiquement permettra, en outre, d'apprécier, en rapprochant les résultats obtenus, les variations de la résistance électrique de la voie et de provoquer, s'il y a lieu, de façon opportune, la vérification des joints.

La même mesure peut être répétée avec avantage, dans certains cas, en pratiquant des coupures dans le rail et la conduite et en intercalant des ampèremètres enregistreurs ou à lecture directe et superposée.

Dans quelques circonstances particulièrement délicates, on pourra établir une carte de potentiel superficiel du sol, en traçant par exemple les courbes équipotentielles au voisinage des rails et des conduites intéressés, les courbes complétées par le tracé des lignes de courant permettant, en général, de conclure avec certitude. (Voy. *Prospection électrique du sous-sol* par M. Conrad Schlumberger.)

Enfin, on pourra obtenir des indications précieuses sur la nature même de l'action chimique subie par la conduite envisagée en analysant les produits de l'attaque du métal. Dans le cas où la dissolution de celui-ci est provoquée par une cause d'origine électrolytique, on constatera en général la présence de sels de plomb, variables suivant la nature de l'électrolyse, et quelquefois de plomb métallique pulvérulent, provenant de la réduction d'oxydes superficiels (1).

Protection contre les courants d'électrolyse

Les précautions que l'on peut prendre en vue de prévenir ou de limiter les effets de l'électrolyse intéressent, ou bien les réseaux de traction, ou bien les conduites métalliques susceptibles d'être détériorées par les courants vagabonds.

a) *Dispositions intéressant les réseaux de traction.*

Les fuites de courant hors des rails seront, d'une façon générale, d'autant plus considérables d'une part, que la voie sera en meilleure communication électrique avec le sol, d'autre part,

(1) 1 ampère-an détermine le transport de : 5 kg. de fer, 19 kg. de plomb, 9 kg. de cuivre.



que les chutes de tension le long des rails seront plus importantes. On peut admettre, en effet, que la différence de potentiel entre rail et sol, qui détermine le courant de fuite, sera d'autant plus élevée que la chute ohmique le long du rail sera plus forte.

Pour le premier point, il sera extrêmement important d'augmenter l'isolement de la voie par un choix judicieux des matériaux entrant dans la construction de la plate-forme. MM. Brylinski et Girousse ont, en effet, montré que si on pouvait assurer à une voie de tramway un isolement kilométrique de 1/10 d'ohm, on obtiendrait déjà des résultats très intéressants. Il paraît toutefois difficile, en l'état actuel de la technique, d'aller très loin dans cette direction. (A signaler l'emploi de plateformes en graviers. Travaux en cours par la T. C. R. P. route de Châtillon, à Malakoff.)

Les chutes de tension le long des rails dépendront pour un régime d'exploitation déterminé, elles-mêmes et en premier lieu, de la densité de courant admise et de la conductibilité de la voie. Celle-ci devra donc être, suivant les prescriptions d'ailleurs réglementaires, rappelées dans la première partie de la présente note, vérifiée fréquemment ; il y aura lieu d'apporter une attention toute particulière aux points de discontinuité (points de croisement, branchements, etc.) ; cette conductibilité doit toujours être trouvée supérieure à celle résultant du calcul, étant données les dérivations qui se produisent par le sol.

Une mauvaise conductibilité de la voie est l'indice certain que des joints sont en mauvais état et qu'il y a lieu de revoir l'éclissage électrique de la voie. La soudure autogène des rails avec 1 joint de dilatation sur 4 paraît devoir apporter une amélioration sensible.

Les chutes de tension le long des rails dépendent encore pour une large part, de la répartition des points de jonction aux rails des feeders de retour, et de l'équilibrage de ces feeders. Elles seront d'autant plus faibles que le nombre de ceux-ci sera plus élevé. L'arrêté technique ne formule aucune règle sur ce dernier point ; par contre, il fixe une limite supérieure de déséquilibrage moyen des feeders. Mais il serait utile de préciser

qu'il s'agit de la moyenne des valeurs *absolues* de ce déséquilibrage, sinon la garantie offerte par cette limitation, déjà incohérente à l'égard des déséquilibrages instantanés, deviendrait tout à fait illusoire.

La meilleure disposition, pour ces différents objets, sera de donner aux feeders une section telle que la perte de charge maximum demeure faible. Dans le cas où, par suite de la grande longueur des feeders, cette solution serait trop onéreuse, on peut avantageusement, recourir à l'emploi de survolteurs-dévolteurs d'artères bien établis ou résistances de réglage. Il est en outre indispensable de compléter l'installation par l'établissement d'un réseau de fils pilotes permettant de contrôler le potentiel des points d'atterrissage de chaque feeder.

Cette question de l'équilibrage des potentiels des voies, obtenu tant par l'équilibrage des feeders que par la réduction de pertes de charge dans la voie elle-même, est particulièrement importante, ce procédé constituant le remède le plus efficace contre les dérivations des courants de fuite et, par suite, l'électrolyse. Il est bien évident, en effet, que, lorsque les écarts de potentie entre les différents points du réseau sont réduits à des valeurs très faibles, ce réseau se trouve en tous ses points sensiblement au potentiel du sol et les fuites de courants sont réduites au minimum.

Il serait très désirable, à ces différents points de vue, qu'une instruction, indiquant les meilleures dispositions pour la distribution et l'équilibrage des feeders de retour fût adressée par les Syndicats des Compagnies de traction à leurs adhérents. Ceux-ci pourraient ensuite poursuivre au fur et à mesure des travaux d'entretien, une remise en ordre de leurs réseaux, sans engager des dépenses excessives : ils y trouveraient, en même temps, le bénéfice d'une meilleure économie de leur exploitation.

L'efficacité des mesures prises par les Compagnies de traction est démontrée par l'exemple de l'ancienne Compagnie des Omnibus de Paris. Le réseau de cette Compagnie, judicieusement établi, cause en général moins de troubles par l'électrolyse que ceux des anciennes Compagnies de la Région Parisienne et éga-

lement que le réseau du Métropolitain (1). Les vérifications des modifications opportunes de certains de ces derniers réseaux, opérées à des dates récentes par la S. T. C. R. P., telles que équilibrage des feeders de retour, contrôlé par l'adjonction de fils pilotes, paraissent devoir donner d'heureux résultats.

On a discuté également l'intérêt d'un changement de la polarité des rails. Cette disposition paraît peu avantageuse à faire sur l'ensemble d'un réseau. Il n'en serait sans doute pas de même si l'inversion de polarité était opérée sur des sections successives du réseau, ou mieux encore sur les sections juxtaposées d'une ligne à double voie. Il ne paraît pas que l'adoption de ce mode d'alimentation, bien que compliquant l'exploitation sur les lignes et dans les sous-stations, comporte des difficultés techniques insurmontables ; il s'agit seulement de savoir si les dépenses supplémentaires de premier établissement et d'entretien qu'il nécessite peuvent entraîner une économie équivalente du fait de la diminution des troubles électrolytiques.

Le doublement des voies apportera en général une amélioration sensible et réduira en particulier de 50 0/0 la perte de charge moyenne dans les rails.

Les courants de fuite sont encore fréquemment collectés sur les feeders de retour lorsque l'isolement de ceux-ci est défectueux ; l'armature métallique du feeder peut également transporter les courants de retour. Ces divers points devront être soigneusement surveillés et contrôlés par la mesure périodique de l'isolement des feeders de retour et de leur armature.

(1) En ce qui concerne le réseau du Métroplitain, l'une des causes principales des fuites de courant à partir des rails de roulement, résulte des pertes de charge, très importantes, qui se produisent le long des voies ; ce réseau étant établi sur plate-forme indépendante, échappe en effet à peu près à toute réglementation à ce point de vue. Malgré que les rails reposent seulement sur les traverses sans être encastrés dans le sol, l'isolement de la voie n'est nullement assuré aussi bien pour les parties aériennes que pour les parties souterraines du réseau, ainsi que l'établissent des mesures faites avant la guerre par M Janet, directeur de l'École Supérieure d'Électricité. Cette absence complète d'isolement s'explique par les poussières métalliques provenant de l'usure des rails et des bandages, et déposées sur tout le balast. Enfin le réseau très dense de canalisations d'eau, d'incendie, distribue au loin les courants de fuite.

Enfin, les installations de traction sur plate-forme indépendante, en raison des courants considérables qu'elles utilisent et des tolérances très larges dont elles bénéficient à l'égard des chutes de tension, peuvent donner lieu à des courants de fuite intenses, malgré l'isolement relatif, d'ailleurs très imparfait, des voies. Ceux-ci sont fréquemment dérivés à partir des circuits positifs d'alimentation, dont l'isolement est souvent très mauvais, et deviennent ainsi l'origine d'un gaspillage d'énergie non négligeable.

Pour ces raisons, ces installations de traction sur plate-forme indépendante devraient faire l'objet d'un examen spécial et particulièrement attentif.

b) Dispositions intéressant les conducteurs électrolytiques.

Les pièces métalliques des câbles téléphoniques, conduites de gaz et d'eau, etc... seront d'autant plus facilement suivies par les courants dérivés à partir des installations de traction qu'elles auront des voisinages plus fréquents et plus rapprochés avec des régions de la voie susceptibles d'être à des potentiels différents. Il y a lieu de prendre garde qu'une conduite ou un réseau de conduites (câbles téléphoniques par exemple) ne peut être, en général, à ce point de vue, traité indépendamment des autres réseaux de conduites (gaz et eau) présentant avec les premières des sections de parallélisme ou des points de croisement.

Les protections ne pourront être efficaces que si elles sont concertées entre les différents services intéressés ; c'est ainsi que certaines dispositions de nature à prémunir des câbles téléphoniques par exemple peuvent augmenter par contre les troubles sur les conduites voisines et apparaissent ainsi comme préjudiciables au point de vue du résultat d'ensemble.

Les courants dérivés sur les conduites dépendent encore de la résistance des circuits dérivés, c'est-à-dire de la nature du sol, de l'isolement de la conduite par rapport à celui-ci, de la conductibilité de la conduite ; l'effet plus ou moins nuisible de ces courants dépend enfin de la nature des surfaces par lesquelles se fait la sortie du courant. Il est bien évident en effet que, si la conduite à protéger baigne dans un électrolyte, les dégâts causés seront

considérables, alors que, si la sortie se fait par un conducteur métallique soudé par exemple sur la conduite, l'effet sera reporté partiellement sur ce dernier.

L'examen des conditions ci-dessus énoncées et susceptibles d'influer sur l'intensité des courants parasites et leur nocivité, conduit à envisager les dispositions ci-après qui, appliquées à propos, ont donné dans la région parisienne de bons résultats.

a) *Voisinage des réseaux de conduites métalliques et des rails.*

Il convient en particulier d'éviter de constituer des réseaux de rails et conduites à mailles serrées. On adoptera chaque fois qu'il sera possible des itinéraires différents, et, dans les autres cas, on s'efforcera de placer les conduites métalliques aussi loin que possible des voies de traction. L'arrêté technique fixe d'ailleurs sur ce point des distances minima qu'il y a lieu d'augmenter chaque fois qu'il est possible.

Cette recommandation est particulièrement importante ; on en apercevra l'intérêt en considérant que, d'après des mesures faites en Angleterre (1), la perte de charge sur les circuits dérivés par le sol se produit en totalité au voisinage immédiat (quelques mètres) des points de sortie et des points d'entrée du courant dans le rail.

b) *Influence de la nature du milieu.* — Pour le choix des itinéraires, il conviendra de tenir compte de la nature du sol, les terrains perméables qui ne conservent pas l'humidité étant de beaucoup les plus avantageux. C'est en prenant égard à cette considération qu'on a proposé de placer les câbles téléphoniques dans des galeries souterraines établies en même temps que les lignes de traction, ou dans des gaines suspendues au tablier des voies aériennes. Il est très probable, en effet, que, malgré le voisinage de la ligne de traction, le danger d'électrolyse serait à peu près complètement écarté par le fait de la suppression de l'électrolyte.

De même la bonne conservation des câbles en égouts dépendant dans une large mesure de la propreté de ceux-ci, il y a en général

(1) M. Cunliffe, Institute of Electrical Engineers of Manchester.

intérêt sur les itinéraires où des dérivations de courant sont à craindre, d'obtenir du service de l'Assainissement des curages fréquents des égouts utilisés.

Les dégâts causés par l'électrolyse des câbles situés dans les égouts de banlieue, plus importants que ceux constatés à Paris, sont attribuables, dans une certaine mesure, à la malpropreté des égouts.

c) *Isolement de la conduite par rapport au sol.* — Il est évident que l'isolement parfait des conduites métalliques dans le sol éviterait tout danger d'électrolyse. Malheureusement, cet isolement est en général impossible à réaliser complètement, sauf dans des cas très particuliers (plongées souterraines de quelques mètres).

En particulier, pour les conduites disposées en tranchées, il paraît difficile de se prémunir contre le contact d'un sol trop conducteur, sans frais élevés (emploi de garnitures en brai ou revêtement de jute goudronné, mise en galerie, emploi de tuyaux isolants).

On trouvera toutefois, en général, un avantage certain à augmenter l'isolement de la conduite ; le bénéfice n'est pas contestable s'il s'agit des régions d'admission de courant, dans la conduite ; par contre, si l'isolement portait seulement sur les régions de sortie du courant, il est facile de voir que les points imparfaitement isolés subiraient en général une atteinte plus rapide qu'en l'absence de toute mesure de protection. Or, il arrive malheureusement très souvent — et c'est là ce qui constitue la complexité du problème — que la différence de potentiel entre rail et câble, change de signe suivant la charge, le degré d'humidité du sol, et aussi les modifications apportées, tant au réseau de traction qu'au réseau de conduites téléphoniques, de gaz, d'eau. On a constaté plusieurs fois, dans la même journée, des variations de + 10 V. à — 10 V.

L'application de ce dispositif devra donc être faite avec prudence ; on pourra, en général, isoler les conduites sur tous leurs parcours, sauf, peut-être, au voisinage des points d'aboutissement des feeders de retour. On a essayé avec succès, pour les

lignes de câbles en égout, l'emploi de supports en ciment : des supports en fer émaillé vont être mis prochainement à l'essai. L'intérêt d'employer ces supports isolants réside dans le fait qu'il y a tout lieu de croire que les supports ordinaires en fer conduisent les courants tant à l'entrée qu'à la sortie sur la ligne de câbles. C'est ainsi qu'on a constaté fréquemment que les pieds des supports ordinaires en fer scellés dans la paroi de l'égout subissent, au voisinage de celle-ci, une dissolution électrolytique complète.

En ce qui concerne les câbles en tranchées, il y aura intérêt à employer dans les mêmes conditions, des conduites en grès ou en ciment et de préférence des conduites multiples, chaque fois que l'importance du réseau justifiera ce supplément de dépenses à engager. Ces dernières conduites sont constituées par des blocs percés de canaux longitudinaux dans chacun desquels est logé un câble téléphonique. La conduite est disposée en alignements rigoureusement droits entre des chambres en maçonnerie par lesquelles se fait le tirage des câbles. La jonction des différents éléments entre eux est opérée de manière à assurer l'étanchéité complète. On ménage en outre sur l'ensemble de la section une légère pente.

Ces conduites paraissent devoir offrir une grande sécurité, notablement accrue. Déjà utilisées en France et à l'étranger, leur emploi sera généralisé, à très bref délai, par l'Administration des P. T. T. pour toutes les artères comportant un nombre suffisant de câbles.

Les conduites uni-cellulaires, dont l'usage est courant, et qui contiennent plusieurs câbles en général, ne mettent pas ceux-ci à l'abri de l'humidité, ni de la boue ; leurs joints faits au ciment. sont toujours imparfaits, et, d'autre part, il est difficile d'assurer l'étanchéité des extrémités ; l'eau ne séjourne pas toutefois, en général, dans ces conduites, surtout si elles sont disposées dans un terrain perméable, en raison des fuites qui se produisent dans la partie inférieure des joints. On ne s'est pas inquiété jusqu'ici d'assurer l'écoulement de l'eau dans la conduite, non plus que son évacuation, à l'aide de drains, en raison du supplément de

dépenses qu'entraînerait dans la plupart des cas une telle disposition.

On a constaté, d'ailleurs, que l'électrolyse des câbles en conduites est localisée aux parties de câble situées en regard des joints ; ce qui porte à croire que l'on obtiendrait sans doute de bons résultats en disposant la conduite sur un lit de sable et en ménageant intentionnellement une fuite à la partie inférieure des joints.

Pour ce qui est des câbles disposés en pleine terre, sans protection, l'Administration des P. T. T. a recommandé, pour cet objet, l'emploi de câbles armés, malgré la charge très importante que constitue pour elle ce mode de construction.

On a pu également obtenir, en ce qui concerne les câbles téléphoniques, des résultats très satisfaisants par l'emploi des câbles à double enveloppe de plomb. Ces dispositifs ne peuvent malheureusement pas être généralisés, en raison du prix très élevé de ces câbles.

d) *Conductibilité de la conduite.* — On diminuera l'importance des courants dérivés en augmentant la résistance des circuits de dérivation. C'est ainsi que des résultats intéressants pourront être souvent obtenus en créant le long de la conduite des points de discontinuité électrique. Ces points de discontinuité devront être, ou bien très étendus, ou bien très fréquents. C'est ainsi que pour les conduites de gaz, d'eau, etc... l'emploi de joints isolants entre les tuyaux est peut-être à recommander, surtout s'ils sont disposés sur la totalité du parcours de la conduite.

e) *Nature des surfaces en contact aux points de sortie.* — Il sera, en général, avantageux aux points où la conduite est positive par rapport au rail, de shunter par des conducteurs métalliques les dérivations de courant qui s'établissent entre la conduite et le sol, c'est-à-dire, en général, par l'intermédiaire d'un électrolyte, et déterminent l'altération de la surface métallique de sortie.

Ces shunts ou « déversoirs » pourront être constitués à l'aide de conducteurs métalliques en cuivre, de forte section, soudés sur la conduite en des points peu distants les uns des autres et aboutissant à des grillages ou à des plaques métalliques dispo-

sés à une faible profondeur dans le sol, et plus près des rails que la conduite elle-même. Cette disposition présente, à un degré moindre, les dangers et les inconvénients décrits plus loin, et qui peuvent résulter de l'établissement d'une liaison métallique entre les conduites et les rails. Elle a cependant donné les meilleurs résultats, mais son application doit être faite de façon prudente ; en particulier, ces déversoirs devront, pour être efficaces, fonctionner effectivement comme shunt, c'est-à-dire offrir au passage du courant des circuits de moindre résistance sans augmenter pour cela de façon trop considérable l'intensité des courants dérivés. Leur emploi sera avantageusement combiné avec les méthodes d'isolement des autres parties de la conduite, décrites au paragraphe *c*. (Voir également paragraphe *f* ci-dessous.)

On peut également, lorsqu'il s'agit de câbles téléphoniques, les disposer dans des conduites en fonte s'ils sont en tranchée, ou dans des gaines métalliques s'ils sont en égout. Il sera bon, dans les deux cas, de souder les enveloppes de plomb des câbles, entre elles, et sur la gaine métallique, mais cela constitue un inconvénient d'exploitation sérieux, et apporte une gêne considérable aux travaux de modification, d'extension des artères, de relève des dérangements, etc... Aussi ne saurait-il en être question lorsqu'il s'agit d'artères comportant plus de deux ou trois câbles.

Ces dernières dispositions constituent des moyens très efficaces d'éviter les effets nuisibles des courants vagabonds.

L'arrêté technique proscrit la liaison des conduites aux rails à l'aide de conducteurs métalliques. Il est probable que ce dispositif donnerait de bons résultats, au moins pour l'objet qu'on se propose, si la polarité réciproque des rails et conduite n'était susceptible de s'inverser et si elle était appliquée à tous les réseaux de conduites existant dans le sol ; mais il n'en est pas ainsi en général ; les conducteurs de liaisons peuvent faire entrer sur les câbles des courants intenses qui causent de l'électrolyse en des points différents ; d'autre part, même dans le cas de conservation de la polarité, l'intensité du courant de circulation sur

la conduite et, par suite, la perte de charge est augmentée ; il peut en résulter des dérivations secondaires sur d'autres conduites voisines et des phénomènes particulièrement intenses et nuisibles d'électrolyse longitudinale des joints des conduites d'eau et de gaz, et de soudure sur les câbles téléphoniques. Enfin, les câbles téléphoniques ainsi reliés aux rails modifient le potentiel de la terre, des fils télégraphiques au voisinage des bureaux et sont la cause de troubles dans les communications.

f) Enfin, ces différentes mesures seront le plus souvent avantageusement combinées entre elles, par exemple pour les câbles téléphoniques, emploi de supports isolants dans les égouts, et de gaines métalliques, emploi de déversoirs combinés avec points de discontinuité ou avec isolement des autres sections de la conduite, emploi combiné de conducteurs en grès et en fonte, etc...

Ainsi qu'il a été déjà signalé, toutes les méthodes décrites ci-dessus, mises à l'essai sur les câbles téléphoniques de la Région parisienne par l'Administration des P. T. T. ont donné, lorsqu'elles ont été appliquées de façon opportune, d'heureux résultats. Tous ces essais ont été poursuivis aux frais de l'Administration des P. T. T. qui a ainsi apporté, dans le plus large esprit, sa contribution à une œuvre commune.

Conclusion

Il est malheureusement probable qu'il sera toujours impossible de supprimer en totalité les dérivations de courant dans le sol, ainsi que les effets d'électrolyse qui en résultent et qui deviendront plus intenses au fur et à mesure du développement de la traction électrique. Cependant, la technique de la protection contre les courants vagabonds, bien qu'encore incertaine, a permis de déterminer l'efficacité d'un certain nombre de mesures préventives ou de protection qui seront avantageusement portées à la connaissance des intéressés.

Cette communication pourrait être faite sous la forme de recommandations ou de conseils, donnés par les Administrations et Sociétés à leurs services et par les Syndicats à leurs adhérents.

Elle éviterait ainsi de prendre l'aspect d'une réglementation nouvelle, sans doute encore prématurée.

Elle devrait, pour offrir aux uns et aux autres des garanties de valeur technique et d'impartialité, être élaborée en commun, par les représentants des Sociétés de traction, et des divers services ayant à souffrir des effets de l'électrolyse. Elle devrait encore être l'objet de révisions périodiques. Aussi serait-il nécessaire que l'on centralisât les documents, résultats d'enquête, etc..., intéressant la technique des courants vagabonds et des effets d'électrolyse qu'ils déterminent.

En particulier il conviendrait d'appeler tout spécialement l'attention sur le fait que l'obtention d'heureux résultats est subordonnée, d'abord et avant tout, à la bonne entente et à la collaboration des Compagnies de traction et des Administrations ou Sociétés ayant à redouter les effets de l'électrolyse sur leurs canalisations ; il faudrait enfin préciser dans la mesure possible, la valeur pratique des conseils, insister sur le fait que le problème à résoudre est fort complexe, et que, n'étant pas d'un caractère exclusivement mathématique, la recherche de sa solution, dans chaque cas particulier, exige au moins autant de jugement que de connaissances techniques et d'expérience.

TRANSMISSION PAR ONDES SINUSOIDALES
DANS LA TÉLÉGRAPHIE SOUS-MARINE

par H.-W. MALCOLM (1).

SOMMAIRE. — Dans le transmetteur à ondes sinusoïdales, un signal élémentaire est dû à une demi-période unique d'une force électromotrice sinusoïdale et non plus à l'application d'un pôle positif ou négatif d'une batterie, comme il est d'usage actuellement en télégraphie par câbles. Avant de pouvoir comprendre l'importance de ce changement, il est nécessaire d'étudier la théorie des effets passagers produits par l'application à un câble ou la rupture dans ce câble de forces électromotrices périodiques. Une demi-oscillation simple peut être regardée comme due à l'interférence de deux trains prolongés d'oscillations superposés l'un à l'autre et décalés dans le temps l'un par rapport à l'autre. On obtient alors une formule permettant de calculer très vite le courant passager produit par l'application soudaine d'une force électromotrice périodique et l'on constate que les phénomènes sont presque entièrement de nature transitoire à l'extrémité réceptrice, bien que les effets périodiques prédominent à l'extrémité transmettrice. On en déduit un théorème général concernant les signaux produits par une force électromotrice symétrique quelconque et montrant que lesdits signaux sont indépendants de la forme de la F E M transmettrice et ne dépendent que de sa valeur efficace (ou de sa valeur moyenne). Ceci posé, il est permis de choisir sans se soucier du poste récepteur, la F E M qui produit la moindre perturbation au poste transmetteur et à ce point de vue l'alternateur est supérieur à la batterie.

Dans la conclusion, on met en évidence les déformations que les signaux de la batterie ou de l'alternateur subissent pendant la transmission en traçant leurs formes aux époques successives de leur propagation dans le câble.

Dans une communication faite à l'Institut Américain des ingénieurs électriciens il y a quelque années (2), une nouvelle méthode de transmission télégraphique était décrite par ses inventeurs. La batterie ordi-

---

(1) Traduction de M. G. Valensi, Ingénieur des Télégraphes.

(2) A. C. Crehore et G. O. Squier « Trans. » Am. I E E, XVII, 1900, p. 385.

nairement employée y est remplacée par un alternateur donnant une F E M sinusoïdale de basse fréquence. La machine est du type bipolaire avec armature en tambour et entrefer étroit, afin de donner un débit suffisant malgré la petite vitesse de rotation qui lui est imposée.

Les signaux sont formés dans le code du siphon recorder en utilisant des impulsions de forme sinusoïdale, longues d'une demi-période. Par exemple les lettres *a b c d* seront transmises conformément à la fig. 1. Le câble est à la terre au poste transmetteur, sauf pendant la

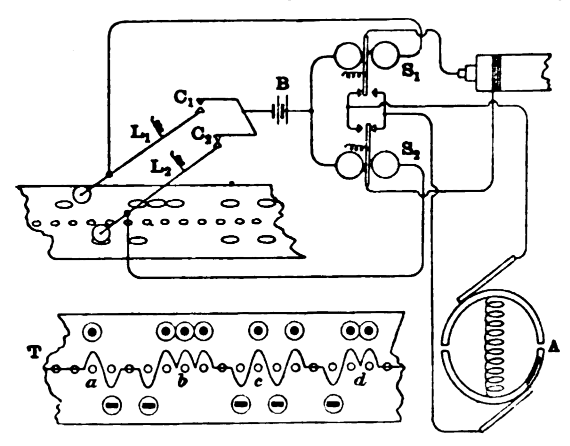


Figure 1. — Appareil transmetteur A alternateur, B batterie locale, S_1 S_2 relais pour les points et les trait.

transmission. Quand on transmet, l'alternateur est introduit entre le câble et la terre. Cette insertion et l'envoi de signaux sont automatiquement produits par une bande de papier perforé avec les deux lignes habituelles de trous (l'une réservée aux points et l'autre aux traits). Une troisième rangée de trous est en prise avec une roue dentée mue par l'alternateur, de telle sorte que la bande se déplace en synchronisme rigoureux avec le rotor de l'alternateur. Deux leviers pourvus de petits rouleaux à une extrémité s'appuient sur la bande le long des lignes perforées de points et de traits et à l'autre extrémité ferment un contact lorsqu'un trou du papier passe sous un rouleau. Une batterie locale, lorsque ce contact est fermé, actionne le sounder ordinaire comme le montre la fig. 1, d'ailleurs suffisamment explicite. Les leviers de contact peuvent être déplacés et au moyen d'une vis micrométrique on peut régler leur position par rapport à la bande, la meilleure position étant obtenue expérimentalement par tâtonnements.

Ce système semble exiger l'emploi d'une source idéale de force électromotrice ; aussi le télégraphiste câblier ne peut-il pas admettre sans

un examen critique cette condition. L'importance d'un tel examen s'accroît d'ailleurs par le fait qu'il jettera une vive lumière sur les phénomènes accompagnant l'établissement et la rupture d'un courant alternatif dans un long câble — question d'un grand intérêt pratique pour d'autres sujets.

Résolution d'une demi-oscillation en deux trains d'oscillation.

Un signal de forme sinusoïdale d'une longueur égale à 1/2 période et se terminant subitement sur la ligne zéro, comme le montre la fig. 2 C, n'est pas du tout une onde sinusoïdale, pas plus qu'un signal d'une période entière se terminant sur la ligne zéro (fig. 2 F), et cependant si ces signaux se répétaient un nombre indéfini de fois sur la ligne, les phénomènes dont le câble est le siège deviendraient bien (mais éventuellement) de nature sinusoïdale. Néanmoins, un signal tel que celui de la fig. 2 C peut être considéré comme dû à l'interférence de deux trains indéfinis d'oscillations sinusoïdales, l'un commençant au temps $t = o$ et l'autre au temps $t = \frac{T}{2} = \frac{1}{2n} = \frac{\pi}{p}$. On voit en effet que si l'on superpose la fig. 2 B à la fig. 2 A on obtient la fig. 2 C.

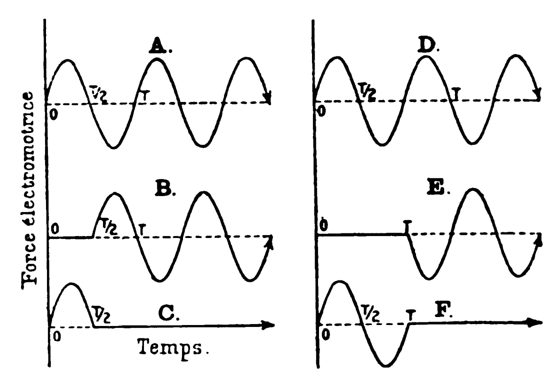


Figure 2. — Oscillations d'une demi-période et d'une période entière dues à l'interférence de deux trains d'ondes indéfinis $A + B = C$
$D + E = F$

De même si l'on combine deux trains d'oscillations indéfinis de signes contraires et décalés l'un par rapport à l'autre d'un temps $t = T = \frac{1}{n} = \frac{2\pi}{p}$ (fig. 2 D et 2 E) on obtient le signal de la fig. 2 F.

Le problème se réduit alors à chercher le courant instantané dû à l'injection permanente de courant alternatif au départ. Ce courant une fois trouvé sera combiné avec un courant analogue décalé dans le temps d'un intervalle convenable et le courant résultant sera celui que

produit 1/2 oscillation simple ou une oscillation entière isolée, selon le cas.

Effet de l'application permanente d'une F E M sinusoïdale à un câble.

Quand une F E M constante E est subitement appliquée au départ d'un câble à partir de l'origine du temps et d'une façon permanente, le courant au poste récepteur est donné par la formule (1) :

$$C_r = \frac{R\,l}{E}\left[1 + 2\sum_{m=1}^{m=\infty} e^{-\frac{m^2\pi^2 t}{K\,R\,l^2}} \cos m\,\pi\right].$$

La self-induction et les fuites sont ici négligées et le câble est à la terre aux 2 bouts.

Maintenant remplaçons la force électromotrice constante par une F E M alternative, soit $E\,e^{ipt} = E\,(\cos p\,t + i\,\sin p\,t)$. Plus tard nous ne prendrons que la partie $E \sin p\,t$. La F E M $E\,i^{tpi}$ peut être décomposée en un grand nombre de composantes élémentaires, égales chacune à $i\,p\,E\,e^{ipt}$ que nous supposerons appliquées successivement à de petits intervalles de temps $d\,t$. A l'instant $t = o$ quand la forme électromotrice commence à être appliquée $E\,e^{ipt}$ a la valeur E.

Ceci produit un courant au poste transmetteur qui plus tard à l'instant $+\,t_1$ a la valeur :

$$(2) \qquad \frac{E}{R\,l}\left[1 + 2\sum_1^\infty e^{-\frac{m^2\pi^2 t_1}{K\,R\,l^2}} \cos m\,\pi\right].$$

Puis au bout du temps $d\,t$ la F E M a augmenté de $i\,p\,E\,e^{ipdt}\,d\,t$ d'où un accroissement du courant au poste récepteur de :

$$\frac{i\,p\,E\,e^{ip\,dt}\,d\,t}{R\,l}\left[1 + 2\sum_1^\infty e^{-\frac{m^2\pi^2 (t_1 - d\,t)}{K\,R\,l^2}} \cos m\,\pi\right].$$

L'instant $d\,t$ voit de même naître un courant additionnel :

$$\frac{i\,p\,E\,e^{ip\,2\,d}\,d\,t}{R\,l}\left[1 + 2\sum_1^\infty e^{-\frac{m^2\pi^2 (t_1 - 2\,d\,t)}{K\,R\,l^2}} \cos m\,\pi\right]$$

et ainsi de suite.

(1) Théorie de la télégraphie par câbles sous-marins, *The Electrician*, 8 mars 1912, p. 76.

Le dernier accroissement de courant sera :

$$\frac{ipEe^{ip(t_1-dt)}dt}{Rl}dt\left[1+2\sum_1^\infty e^{-\frac{m^2\pi^2 dt}{KRl^2}}\cos m\pi\right]$$

car le courant reçu au temps t_1 ne dépend que de ce qui s'est passé avant cette époque t_1. Si l'on ajoute toutes ces composantes élémentaires, on obtient le résultat suivant :

$$\frac{ipE}{Rl}\int_0^{t_1}\left[e^{ipt}dt+2e^{ipt}dt\sum_1^\infty e^{-\frac{m^2\pi^2(t_1-t)}{KRl}}\cos m\pi\right]$$

$$=\frac{E}{Rl}\left[\int_0^{t_1}e^{ipt}ip\,dt+2ip\sum_1^\infty e^{-\frac{m^2\pi^2 t_1}{KRl^2}}\cos m\pi\int_0^{t_1}e^{\left(ip+\frac{m^2\pi^2}{KRl^2}\right)t}dt\right]$$

$$(3)\quad=\frac{E}{Rl}\left[e^{ipt_1}-1+2ip\sum_1^\infty e^{-\frac{m^2\pi^2 t_1}{KRl^2}}.\cos m\pi.\frac{e^{\left(ip+\frac{m^2\pi^2}{KRl^2}\right)t_1}-1}{ip+\frac{m^2\pi^2}{KRl^2}}\right].$$

Ajoutons (2) et (3) et enlevons l'indice 1 à t_1 puisque l'intégration est faite et que cet indice ne nous sert plus ; le résultat cherché est :

$$C_r=\frac{E}{Rl}\left[1+2\sum_1^\infty e^{-\frac{m^2\pi^2 t}{KRl^2}}\cos m\pi\right]$$

$$+\frac{E}{Rl}\left[e^{ipt}-1+2ip\sum_1^\infty\frac{e^{ipt}-e^{-\frac{m^2\pi^2 t}{KRl^2}}}{ip+\frac{m^2\pi^2}{KRl^2}}\cos m\pi\right]$$

$$(4)\quad C_r=\frac{2E}{Rl}\sum_1^\infty e^{-\frac{m^2\pi^2 t}{KRl^2}}\cos m\pi+\frac{Ee^{ipt}}{Rl}+\frac{2ipE}{Rl}\sum_1^\infty\frac{e^{ipt}-e^{-\frac{m_2\pi^2{}_1 t}{KRl^2}}}{ip+\frac{m^2\pi^2}{KRl^2}}\cos m\pi.$$

Discussion de la formule. Les termes périodiques.

Cas de $t=\infty$. — Quand le temps t est infiniment grand, les termes de la formule 4 qui ont un facteur exponentiel réel disparaissent et il reste la série :

$$\frac{E e^{ipt}}{R l}\left[1 + 2\, i p \sum_{1}^{\infty} \frac{\cos m \pi}{i p + \frac{m^2 \pi^2}{K R l^2}}\right] \tag{5}$$

Cette série peut être calculée ainsi.

Développons $\cosh \mu x$ en série de cosinus par le théorème de Fourier :

$$\operatorname{Cosh} \mu x = \frac{2 \sinh \mu \pi}{\pi}\left[\frac{1}{2\mu} + \sum_{1}^{\infty} \frac{\mu \cos m \pi \cos m x}{\mu^2 + m^2}\right].$$

Faisons $x = 0$. Il reste :

$$\frac{\mu \pi}{\sinh \mu \pi} = 1 + 2 \sum_{1}^{\infty} \frac{\mu^2 \cos m \pi}{\mu^2 + m^2}.$$

Remplaçons $\mu \pi$ par $P l$ où P désigne la constante de propagation. Dans le câble considéré où la self induction et les fuites sont nulles, on a $P = \sqrt{R\, i p\, K}$. Il vient :

$$\frac{P l}{\sinh P l} = 1 + 2\, i p \sum_{1}^{\infty} \frac{\cos m \pi}{i p + \frac{m^2 \pi^2}{K R l^2}}. \tag{7}$$

La série (5) est par suite égale à :

$$\frac{E e^{ipt}}{\sqrt{\frac{R}{i p K}} \sinh P l} = \frac{E e^{pt}}{Z_0 \sinh P l} \tag{8}$$

expression dans laquelle Z_0 désigne l'impédance caractéristique.

Il s'ensuit que lorsque t est infiniment grand — c'est-à-dire lorsque la F E M alternative a été appliquée pendant très longtemps — l'expression générale (4) se réduit à la forme périodique ordinaire, comme cela doit être, car alors tous les termes passagers se sont évanouis.

Suite de la discussion. — Les termes non périodiques.

Les termes restants qui ont un exposant réel sont les termes transitoires :

$$\frac{2 E}{R l} \sum^{\infty} e^{-\frac{m^2 \pi^2 t}{K R l^2}} \cos m \pi - \frac{2 i p E}{R l} \sum_{1}^{\infty} \frac{e^{-\frac{m^2 \pi^2 t}{K R l^2}}}{i p + \frac{m^2 \pi^2}{K R l^2}} \cos m \pi$$

ce qui peut écrire :

$$(9) \qquad \frac{2\,E}{R\,l}\sum_1^\infty \frac{m^2\,\pi^2}{K\,R.\,l^2}\,\frac{e^{-\frac{m^2\,\pi^2\,t}{K\,R\,l^2}}}{i\,p+\frac{m^2\,\pi^2}{K\,R\,l^2}}\cos m\,\pi.$$

Multiplions haut et bas par $-\,i\,p+\frac{m^2\,\pi^2}{KR\,l^2}$.

Il vient :

$$\frac{2\,E}{R\,l}\sum_1^\infty \frac{\frac{m^2\,\pi^2}{K\,R\,l^2}\left(-\,i\,p+\frac{m^2\,\pi^2}{K\,R\,l^2}\right)e^{-\frac{m^2\,\pi^2\,t}{K\,R\,l^2}}}{p^2+\left(\frac{m^2\,\pi^2}{K\,R\,l^2}\right)^2}\cos m\,\pi$$

$$(10) \qquad =\frac{2\,E}{R\,l}\sum_1^\infty e\,\frac{-\frac{m^2\,\pi^2\,t}{K\,R\,l^2}}{p^2+\left(\frac{m^2\,\pi^2}{K\,R\,l^2}\right)^2}\cos m\,\pi\left[\left(\frac{K\,R\,l^2}{m^2\,\pi^2}\right)^2-\frac{m^2\,\pi}{K\,R\,l^2}\,i\,p\right]$$

Si la F E M alternative est E sin $p\,t$ au lieu de E e^{ipt}, le courant reçu est, en prenant la partie imaginaire de la quantité 10 :

$$(11) \qquad C_r\ (\text{transitoire})=\frac{2\,E}{R\,l}\sum_1^\infty \frac{e^{-\frac{m^2\,\pi^2\,t}{K\,R\,l^2}}}{p\,\frac{K\,R\,l^2}{m^2\,\pi^2}+\frac{m^2\,\pi^2}{p\,K\,R\,l^2}}\cos \overline{m-1}\,\pi$$

Composante non périodique.

Prenons $p=2\,\pi\times 62.832$ et appliquons la formule (11). Nous pourrons ainsi comparer les résultats prévus avec ceux qu'on observe sur la section San Francisco Honolulu du câble commercial transpacifique pour laquelle $R\,l = 4{,}975$ ohms $K\,l = 875\,n\,f\,d$ et $K\,R\,l^2 =$ 4352 secondes. Les valeurs correspondantes du dénominateur de 11 sont réunies dans la table 1 ; les valeurs du numérateur ont déjà été groupées dans une table antérieurement publiée (1). La table II est construite avec la table I et cette table à laquelle nous venons de faire allusion. La courbe A, figure 3, représente la table II.

(1) Théorie, 19 juillet 1912, p. 612, table XXXII.

TABLE I. — Facteur transitoire.

m	$\dfrac{m^2 \pi^2}{K R l^2}$	$\dfrac{m^2 \pi^2}{p K R l^2}$	$\dfrac{p K R l^2}{m^2 \pi^2}$	$\dfrac{p K R l^2}{m^2 \pi^2} + \dfrac{m^2 \pi^2}{p K R l^2}$
1	2.2678	0.03609	27.708	27.744
2	9.0704	0.14437	6.9260	7.0700
3	20.413	0.32490	3.0779	3.4028
4	36.283	0.57745	1.7318	2.3092
5	56.690	0.90221	1.1084	2.0106
6	81.636	1.2994	0.7694	2.0688

TABLE II. — Fig. 3, courbe A.

t (secs)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.007	1.0	1.5	2.0	3.0
$m = 1 +$	11.548	9.205	7.337	5.848	4.662	2.962	1.500	0.483	0.155	0.016
2 —	22.948	9.263	3.740	1.509	0.610	0.100	0.007	»		
3 +	15.338	1.993	0.259	0.032	0.003	»	»	»		
4 —	4.621	0.121	0.004	»	»	»	»	»		
5 +	0.692	»	»	»	»	»	»	»		
6 —	0.054	»	»	»	»	»	»	»		
C_r (1)	—0.045	+1.814	3.852	4.371	4.055	2.862	1.493	0.483	0.155	0.016

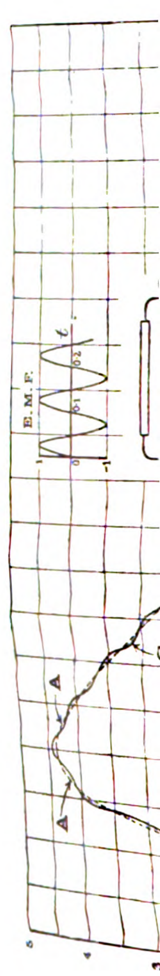
La composante non périodique atteint un maximum de 4,4 microampères par volt en 0,4 seconde, puis décroît lentement jusqu'à zéro. Sa forme ne diffère pas de celle de la courbe d'arrivée d'une F E M de batterie avec des condensateurs aux deux bouts du câble ; mais elle doit être d'allure oscillatoire au début. En effet, le courant résultant doit être pratiquement nul jusqu'à 0,1 seconde à peu près, comme dans le cas de l'application d'une force électromotrice constante due à une batterie : cela exige que le début de la composante transitoire interfère rigoureusement avec le début de la composante périodique.

La composante périodique.

Pour obtenir le courant réel il faut ajouter la composante périodique à la composante non périodique. Le courant périodique est donné par une formule analogue à la formule (8) :

$$C_r \text{ (périodique)} = \frac{E\, e^{ipt}}{Z_0 \sinh P\, l},$$

(1) Microampères par volt.



ce qui devient, si l'on remplace Z_0 et P par leurs valeurs,

$$C_r = \frac{E \sin\left(p\,t - a\,l + \frac{\pi}{4}\right)}{\sqrt{\frac{R}{p\,K}}\sinh l\sqrt{\frac{1}{2}p\,K\,R}}$$

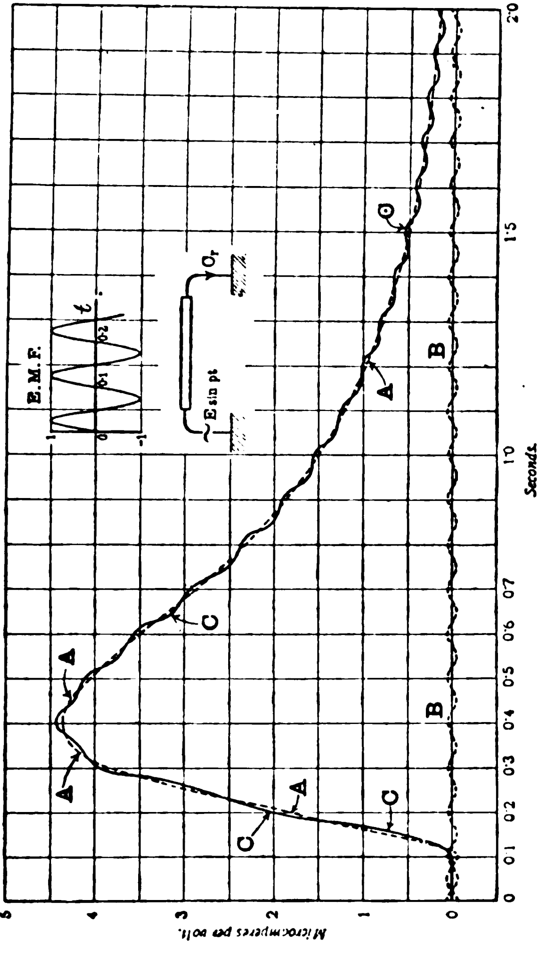


Figure 3. — Courant à l'arrivée dans le cas d'une F. E. M. alternative = 10 Courbe A (pointillée) — Composante transitoire. — Courbe B (pointillée). — Composante périodique. — Courbe C. — Courant total C = A + B.

Si $p = 2\pi \times 10$ comme précédemment, la formule donne :

C_r (microampères par volt) $= 0{,}0555 \sin\left(62{,}832\,t - 11{,}693 + \frac{\pi}{4}\right)$

de sorte que, lorsque $t = 0, 0.1, 0.2\ldots,$

C_r (microampères par volt) $= 0{,}0555 \sin 1{,}482 = 0{,}553$.

C_r (périodique) est représenté par la courbe B de la figure 3, et en combinant les courbes B et A on obtient la courbe C représentant le courant effectivement reçu.

La composante non périodique constitue de beaucoup la partie la plus importante du courant reçu.

Train de courants inversés dus aux pôles d'une batterie.

Afin de voir comment est constituée la composante non périodique, il est intéressant de comparer le courant de la fig. 3 avec celui que produirait une série d'inversions du pôle de la batterie (alternativement + ou —) appliqué sur le câble. C'est ce que l'on a fait dans la figure 4, courbe H ; les courbes ponctuées montrent comment se passent les choses à chaque instant. La courbe A est le commencement de la courbe ordinaire d'arrivée, dans le cas d'un câble sans appareil, et on l'a calculée par la formule :

$$C_r = 2\,E\,\sqrt{\frac{K}{R\,\pi\,t}}\;e^{-\frac{K\,R\,l^2}{4\,t}} \text{ jusqu'à l'instant } t = 0{,}5 \text{ seconde.}$$

Elle croît d'abord rapidement puis plus lentement et atteint un maximum de 201 microampères par volt. Si au bout de 0,05 seconde on met à la terre l'extrémité transmettrice, il faut retrancher de la courbe A la courbe que l'on obtient en déplaçant celle-ci vers la droite de 0,05 seconde ; on obtient ainsi la courbe B. Elle peut monter jusqu'à un maximum d'à peu près 13,5 microampères par volt et ensuite elle décroît lentement jusqu'à zéro. Dans le cas de la courbe C, au lieu de mettre à la terre l'extrémité transmettrice, on inverse le pôle de la batterie appliqué au câble. La courbe C décroît rapidement jusqu'à une valeur très basse de — 201 microampères par volt. Dans le cas de la courbe D qui tend lentement vers zéro, le câble est mis à la terre au bout de 0,1 seconde, comme le montre le diagramme D. En fin, on obtient la courbe H en répétant indéfiniment le processus que nous venons d'esquisser. Cette courbe H représente l'effet d'une série indéfinie d'inversion de F E M et tend vers la ligne zéro où il ne subsiste plus qu'une oscillation purement sinusoïdale d'amplitude 0,0555 microampère par volt. La courbe H coïncide avec la courbe A jusqu'au temps 0,12 seconde ; elle a la même direction que la courbe C jusqu'au temps 0,17 seconde ; elle coïncide avec la courbe E jusqu'au temps 0,22 seconde et avec la courbe C_r jusqu'au temps 0,27 seconde.

A la fréquence de 10 une F E M périodique et rectangulaire peut

produire un courant simplement sinusoïdal à l'extrémité réceptrice du câble. Par conséquent le courant périodique vers lequel tend la courbe H est le même que le courant périodique de la fig. 3 où l'on a employé à l'extrémité transmettrice une force électromotrice purement sinusoïdale. D'autre part, la composante non périodique du courant d'arrivée produit par le train d'inversions correspondant à un diagramme rectangulaire indéfini est bien plus grande que celle qui correspond au train d'ondes purement sinusoïdal. Tandis que le rapport de l'amplitude du fondamental de l'onde rectangulaire à l'amplitude de l'onde purement sinusoïdale est $\frac{4}{\pi}/1$ ou 1,27/1, le rapport de la hauteur de la courbe H, fig. 4, à celle de la courbe G, fig. 3, est considérablement plus grand à peu près 1,57/1. *Les composantes non*

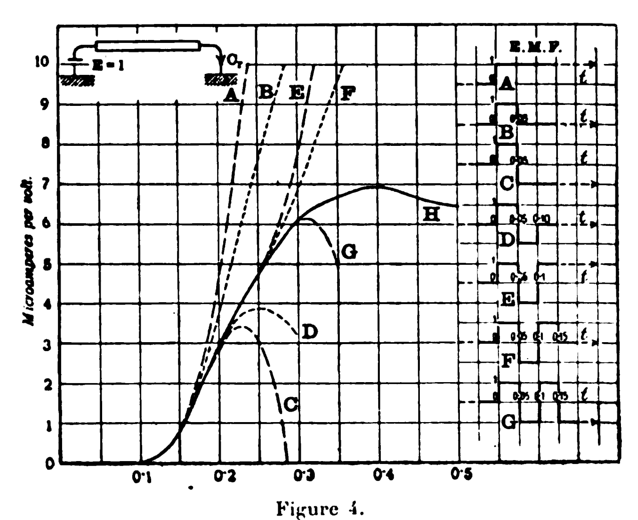


Figure 4.

Courbe A. — Contact prolongé avec le pôle d'une batterie. — Courbe B. — Point. — Courbe C. — Point-trait. — Courbe F. — Point-trait-point. — Courbe H. — Série d'inversions.

périodiques persistent donc à l'extrémité réceptrice lorsque les courants périodiques dus aux harmoniques s'évanouissent.

On peut voir la chose d'une autre façon en développant l'onde rectangulaire de la F E M transmettrice en série de Fourier :

$$(13)\quad V_s = \frac{4\,E}{\pi}\left(\sin p\,t + \frac{1}{3}\sin 3\,p\,t + \frac{1}{5}\sin 5\,p\,t + ..\right)$$ et en appliquant la formule (11) à chaque terme de la série.

Puisque $p\,\frac{K\,R\,l^2}{m^2\,\pi^2}$ est très grand devant $\frac{m^2\,\pi^2}{p\,K\,R\,l^2}$, (11) peut s'écrire

approximativement :

$$C_r \begin{pmatrix} \text{non périodique} \\ \text{dû à E sin } pt \end{pmatrix} = -\frac{2\,E}{R\,l}\frac{1}{p}\sum_1^{\infty} e \, \frac{m^2\,\pi^2\,t \cos m\pi}{K\,R\,l^2 / m^2\pi^2}$$

de sorte que :

$$C_r \begin{pmatrix} \text{non périodique} \\ \text{dû à } V_s \end{pmatrix} = \frac{4}{\pi} \times C \begin{pmatrix} \text{non périodique} \\ \text{dû à E sin } pt \end{pmatrix}$$

$$\times \left[1 + \frac{1}{3^2} + \frac{1}{5^2} + \dots\right] \tag{14}$$

Le rapport de C_r (dû à V^s) à C_r (dû à E sin pt) vaut par conséquent à peu près :

$$\frac{4}{\pi}\sum_0^{\infty}\left(\frac{1}{2m+1}\right)^2 = \frac{\pi}{2}$$

et cette formule se rapproche d'autant plus de la vérité que p est plus grand.

Théorème général sur la valeur moyenne de la F E M transmettrice.

Le rapport $\frac{\pi}{2}$ est le même que celui de l'aire d'une demi-oscillation d'un signal de diagramme rectangulaire à l'aire d'une courbe sinusoïdale de même hauteur (1). En d'autres termes, la composante non périodique du signal reçu est directement proportionnelle à la valeur moyenne de la F E M appliquée. Ce théorème peut être généralisé ainsi : Supposons que F (t) désigne une F E M alternative d'une forme quelconque et soumise à la seule condition que la demi-oscillation soit symétrique dans ses deux périodes croissante et décroissante — c'est-à-dire que la courbe de la F E M pendant la seconde partie de son application au câble (décroissance) doit être l'image par rapport à un miroir vertical de ce qu'elle est dans la première partie (croissance). F (t) peut alors être représenté par une série de Fourier du type suivant :

$$F(t) = A_1 \sin pt + A_3 \sin 3\,pt + A_5 \sin 5\,pt + \dots$$

Cette F E M produit, en vertu de la relation approximative (11) (cas de p grand) un courant non périodique à l'extrémité réceptrice :

$$C_r \text{ (non périodique)} = \frac{2}{\pi\,E}\left[A_1 + \frac{A_3}{3} + \frac{A_5}{5} + \dots\right]$$

$$\times \left[C_r \text{ non périodique, dû à E}\right].$$

(1) L'auteur est redevable à M. Rollo Appleyard de cette remarque.

La valeur moyenne de F (t) est d'ailleurs :

$$\frac{2}{T}\int_0^{T/2} F(t)\, dt$$

$$= \frac{p}{\pi}\int_0^{\frac{\pi}{p}} \left[A_1 \sin p t + A_3 \sin 3 p t + ..\right] dt$$

$$= \frac{2}{\pi}\left[A_1 + \frac{1}{3} A_3 + \frac{1}{5} A_5 + ..\right]$$

de sorte que Cr (non périodique dû à F (t) = $\frac{\text{valeur moy. de F}(t)}{E}$ $\times$ Cr (non périodique dû à E).

Le courant périodique produit sera proportionnel à l'amplitude du fondamental tout seul, quelle que soit la forme de la F E M transmettrice. On verra plus loin que lorsqu'on emploie au poste transmetteur une demi-oscillation de F E M sinusoïdale le courant d'arrivée non périodique agit seul dans la formation des signaux reçus. Par suite, quelle que soit la forme *symétrique* de la F E M transmettrice, qu'elle soit rectangulaire, circulaire, sinusoïdale ou triangulaire, l'effet est le même au poste récepteur, pourvu que dans tous les cas la valeur moyenne de la F E M soit la même. *Si la durée du contact est courte, le signal reçu est indépendant de la forme de la F E M transmettrice symétrique et dépend seulement de sa valeur moyenne.*

Si la fréquence de la F E M est faible, ceci n'est qu'approximativement vrai. Le critérium est le suivant : p K R $l^2/m^2\,\pi^2$ est grand devant $m^2\,\pi^2/p$ K R l^2. Si $\frac{T}{2}$ est la durée du signal (demi-période de la F E M alternative) puisque $T = \frac{1}{n} = \frac{2\pi}{p}$, il s'ensuit en remplaçant p par sa valeur que 2 K R $l^2/m^2\,\pi$ T doit être grand devant $m^2\,\pi$ T/2 K R l^2. Par suite T doit être petit devant 2 K R $l^2/m^2\,\pi$. Dans les circonstances actuelles, T = 0,05 seconde et 2 K R $l^2\,\pi$ = 2,77 secondes, de sorte que dans le 6e terme de la série, quand $m = 6$, la condition n'est plus satisfaite, comme le montre avec évidence la table I, mais $e^{-\frac{m^n \pi^2 t}{K R l^2}}$ est alors très petit, excepté pour les petites valeurs de t, de sorte que la courbe approximative ne différera qu'au début de la courbe vraie.

Influence des appareils. Composante transitoire.

Il est nécessaire de tenir compte de l'appareil relié au câble, car il peut avoir une grande influence sur l'allure des phénomènes. On doit en particulier étudier l'effet des condensateurs universellement employés aux 2 extrémités du câble.

La solution périodique correspondant à deux appareils caractérisés par Z_s et Z_r aux postes transmetteur et récepteur est :

$$(15)\qquad C_r = \frac{V_s}{(Z + Z_r)\cosh P\,l + \left(\frac{Z_s\,Z}{Z_0} + Z_0\right)\sinh P\,l}$$

et lorsque Z_s et Z_r correspondent à des condensateurs, chacun de capacité K_r, le courant d'arrivée, dû à l'application soudaine d'une F E M de batterie E, est :

$$(16)\qquad C_r = \sum_x \frac{E e^{-\frac{x^2 t}{K R l^2}}}{R\,l\left[\frac{\sin x}{x} + \frac{1}{x}\frac{K\,l}{K_r}\left(\frac{1}{\sin x} - \frac{\cos x}{x}\right)\right]}$$

ou

$$\operatorname{tang} x = \frac{2\,K\,l/K_r}{x - \frac{1}{x}\left(\frac{K\,l}{K_r}\right)^2}$$

En raisonnant comme on l'a fait pour le câble sans appareil, il s'ensuit, x étant substitué à $m\,\pi$, que la composante transitoire du courant d'arrivée correspondant à E sin $p\,t$ doit être :

$$(17)\qquad C_r\,(\text{transitoire}) = \sum_x \frac{E e^{-\frac{x^2 t}{K R l^2}}}{R\,l\left[\frac{\sin x}{x} + \frac{1}{x}\frac{K\,l}{K_r}\left(\frac{1}{\sin x} - \frac{\cos x}{x}\right)\right]} \times \frac{1}{p\,\frac{K\,R\,l^2}{x^2} + \frac{x^2}{p\,K\,R\,l^2}}$$

Prenons $K_s = K_r = \frac{K\,l}{10}$ et $p = 2\,\pi \times 10 = 62.832$ comme précédemment. Les racines de tang $x = \frac{20}{x - \frac{100}{x}}$ sont données par la

TABLE III. — Racines de tang $x = \dfrac{20}{x - \frac{100}{x}}$

x	$\frac{x^2}{p K R l^2}$	$\frac{p K R l^2}{x^2}$	Somme
2.6272	0.0252	39.619	39.644
5.307	0.1030	- 9.7102	9.8132
8.067	0.2380	4.2012	4.4392
10.909	0.4352	2.2980	2.7332
13.819	0.6983	1.4320	2.1303
16.782	1.0298	0.9709	2.0007
19.786	1.4316	0.6985	2.1301
22.817	1.9039	0.5252	2.4291

TABLE IV. — Fig. 5, courbe A.

t sec.	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	1.0	1.5	2.0	3.0
x_1 —	0.471	0.435	0.402	0.343	0.292	0.250	0.182	0.113	0.051	0.023	0.005
x_2 +	4.075	2.948	2.133	1.117	0.585	0.306	0.084	0.012	0.001	»	»
x_3 —	7.141	3.382	1.601	0.359	0.081	0.018	0.001	»	»	»	»
x_4 +	4.754	1.209	0.308	0.020	0.001	»	»	»	»	»	»
x_5 —	1.439	0.160	0.018	»	»	»	»	»	»	»	»
x_6 +	0.218	0.009	»	»	»	»	»	»	»	»	»
x_7 —	0.018	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
x_8 +	0.001	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
C_r (1)	—0.021	+0.189	0.421	0.435	0.213	0.039	—0.099	—0.101	—0.051	—0.023	—0.005

table XVI (théorie page 317) et par la table III jointe à cet article.

La courbe A, fig. 5, représente la table IV que l'on a calculée avec les tables XVIII de la théorie page 317 et III du présent article.

Si l'on compare cette courbe A avec la courbe A de la fig. 3, on voit que la valeur maxima du courant transitoire est réduite au dixième de la valeur qu'elle aurait sans l'emploi de condensateurs, mais cette valeur maxima est atteinte en 0,25 seconde, tandis qu'elle le serait alors en 0,4 seconde.

Le courant s'annule au temps 0,53 seconde et se termine par une longue queue négative (au-dessous de l'axe des temps).

Influence des appareils. Composante périodique.

La formule 15 nous donne le courant périodique. Lorsque P l est grand, sinh P l = cosh P l et la formule devient : C_r (périodique) =

(1) Microampères par volt.

$$\frac{E\,e^{ipt}}{\left(2\,Z_r + \frac{Z_r^2}{Z_0} + Z_0\right)\sinh P\,l} = \frac{E\,e^{ipt}}{\frac{2}{i\,p\,K_r} - \frac{1}{p^2\,K_r^2}\sqrt{\frac{i\,p\,K}{R}} + \sqrt{\frac{R}{i\,p\,K}}}$$

Prenons les mêmes valeurs pour p et K que précédemment et nous aurons :

$$(18)\quad C_r\,(\text{périodique}) = -\,0{,}0250 \times 10^{-6} \times E \sin(p\,t - 51°37)$$
$$= -\,0{,}0250 \sin p\,(t - 0{,}0143)\ \text{microampères}$$

par volt.

Quand $t = 0, 0{,}1, 0{,}2\ldots$ $\qquad C_r = 0{,}0196.$

La courbe B, fig. 5, est déduite de l'équation 18. La courbe C a été

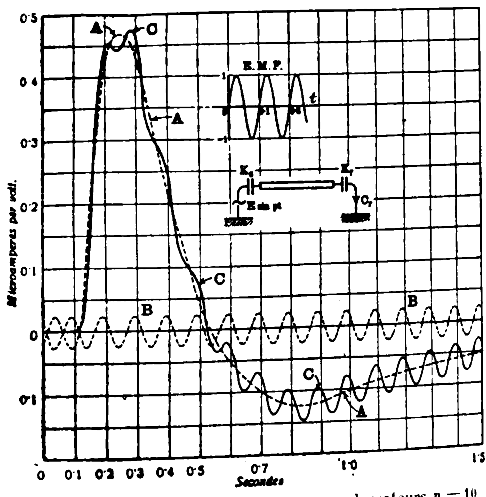


Figure 5. — Courant d'arrivée, avec condensateurs $n = 10$
Courbe A. — Composante transitoire. — Courbe B. — Composante périodique.
— Courbe C. — Courant total C = A + B.

construite en ajoutant les ordonnées des courbes A et B et par conséquent représente le courant effectivement reçu.

Effet d'une oscillation simple et d'une demi-oscillation simple.

Les courbes d'arrivée correspondant à un train soutenu d'ondes sinusoïdales étant maintenant connues, nous pouvons les combiner en les superposant l'une à l'autre d'une façon convenable et obtenir ainsi la courbe d'arrivée correspondant à une oscillation complète de la F E M alternative ou à une demi-oscillation simple, comme nous l'avons montré dans la fig. 2. C'est ce que l'on a fait dans la fig. 6 pour

le câble avec condensateurs en utilisant les courbes de la fig. 5. Il est évident que si l'on déplace vers la droite de 1/2 période la courbe C et si on l'ajoute à elle-même — suivant le mode défini dans la fig. 2, A, B, C — la composante périodique de la courbe C s'évanouira, sauf dans la première demi-période, pendant laquelle d'autre part le courant interférera avec le début ondulé de la composante transitoire et par suite s'annulera. Par suite, on n'utilisera que la composante transitoire dans la construction des courbes, en se rappelant que le

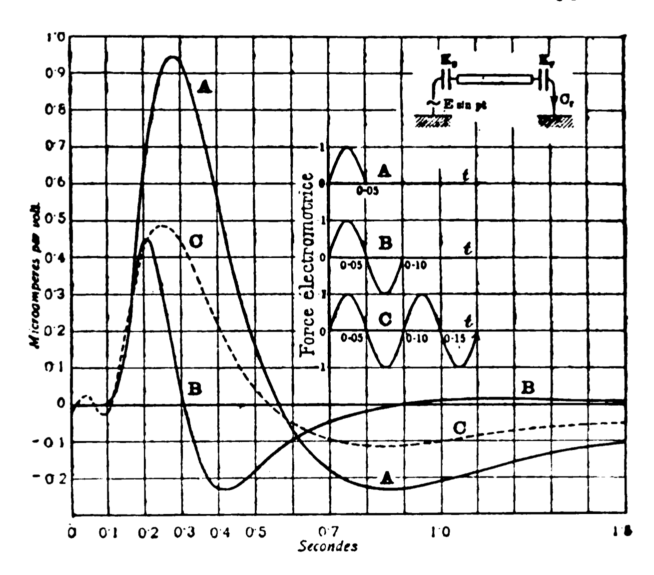


Figure 6. — Courant à l'arrivée avec condensateurs. Signaux d'une demi-période et d'une période complète.

Courbe A. — Demi-période. — Courbe B. — Période entière. — Courbe C. — Train d'ondes indéfini ; composante transitoire.

courant doit être identiquement nul pendant les premiers 0,05 de seconde. La courbe C, qui est une reproduction de la courbe A de la figure 5, représente la composante transitoire du courant d'arrivée, lorsque l'on applique la F E M alternative au moment où elle passe par un zéro et lorsqu'on la maintient. La courbe A résulte de l'addition de la courbe C et de celle qu'on obtient en la translatant de 0,05 seconde. La courbe B est obtenue en retranchant de la courbe C celle qu'on obtient en la déplaçant de 0,1 seconde. La courbe A atteint son maximum de 0,94 microampère par volt au bout de 0,28 seconde, s'annule à 0,56 seconde et se termine par une longue queue négative. La courbe B atteint son maximum de 0,45 à 0,21 seconde, mais ici l'impulsion négative a un effet déjà plus marqué sur l'impulsion posi-

tive précédente et le courant s'annule à 0,3 seconde et atteint un minimum de — 0,23 microampère par volt à 0,42 seconde. La courbe C peut être considérée comme la superposition de courbes A indéfiniment déplacées de 0,05 seconde à droite et ajoutées algébriquement avec un signe convenable.

La courbe B atteint son maximum plus tôt que la courbe A et pour cette raison elle convient mieux que A à l'envoi de signaux. Mais ce maximum n'a qu'une valeur moitié de celui de A et la dépression qui a lieu à 0,42 seconde peut avoir pour effet de raccourcir beaucoup trop les signaux. Si les signaux sont envoyés conformément à la fig. 1, sans intervalle entre les éléments d'une lettre, le diagramme B doit être réalisé en 0,05 seconde s'il doit être substitué au diagramme A.

La courbe B sera réduite alors au quart environ de sa hauteur précédente et sa forme ne sera pas beaucoup altérée.

Signaux dus à une batterie.

Les signaux correspondants, comme on les réaliserait de la manière habituelle avec une source continue, sont dessinés dans la fig. 7. La

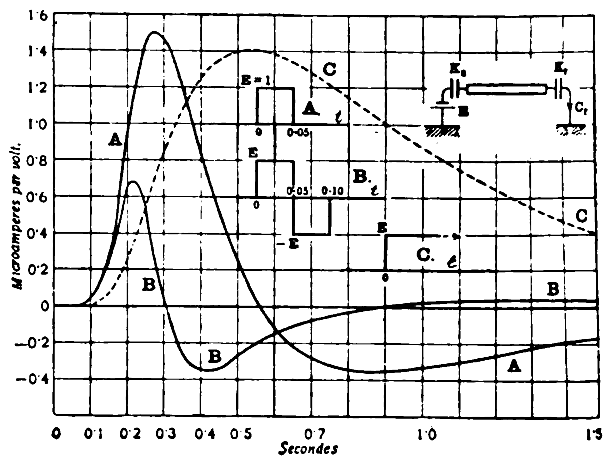


Figure 7. — Courant à l'arrivée, avec condensateurs. Cas de la batterie.
Courbe A. — Point. — Courbe B. — Point-trait (chacun durant 0,05 seconde). — Courbe C. — Contact prolongé (échelle 1/5 mm.).

courbe C est la courbe de courant d'arrivée due à un contact permanent avec le pôle d'une batterie (1). Les courbes A et B sont déduites de la courbe C — la courbe A en retranchant de la courbe C celle que l'on obtient par une translation de 0,05 seconde et la courbe B en opérant d'une façon analogue.

(1) Théorie, 31 mai 1912, page 316.

En négligeant les petites inexactitudes du dessin, on voit que les courbes A et B, fig. 7, ont une forme identique à celle des courbes correspondantes de la fig. 6, bien qu'elles soient plus grandes en hauteur et en profondeur. Leur plus grande dimension vers le bas, estimée à l'œil, est environ 0.352, tandis que l'on trouve 0.229 pour les courbes A et B, fig. 6. Le rapport $\frac{0.352}{0.229} = 1,54$, se rapproche de la valeur déjà trouvée pour $p = \infty$.

La batterie et l'alternateur produisent des signaux de même forme, mais les signaux de la batterie sont plus grands que ceux de l'alternateur dans le rapport $\frac{\pi}{2}$. Ce résultat est indépendant des dimensions des condensateurs. Si l'on augmente de 57 °/₀ le voltage de l'alternateur, on peut substituer celui-ci dans tous les cas à la batterie, au moins en ce qui concerne l'extrémité réceptrice. On n'a tenu aucun compte ici de l'impédance de l'armature dont l'effet serait probablement faible mais avantageux.

Si les impulsions sinusoïdales étaient envoyées sans interruption elles se propageraient ensemble et occuperaient ensemble la ligne, avant d'atteindre l'extrémité réceptrice. Un certain freinage serait alors nécessaire, dont on réglerait d'ailleurs la valeur comme on le désirerait en déplaçant au moyen de la vis micrométrique les leviers de contact le long de la bande.

Phénomènes au poste transmetteur.

Il reste maintenant à étudier les effets produits au poste transmetteur par l'établissement d'un courant alternatif dans un long câble. L'effet le plus important est la surtension passagère à ce poste. S'il n'y a pas d'appareils à l'origine du câble, le voltage à l'extrémité transmettrice est le même à tout instant que celui de l'alternateur. Si un condensateur est interposé, le voltage est moindre, sauf au moment précis de la fermeture de l'interrupteur pendant lequel le condensateur se comporte comme s'il était en court-circuit.

Le voltage sur le câble, V_0, avec un condensateur au départ a déjà été étudié (1) et est représenté par la courbe F, fig. 8. Au moment où l'on établit le contact, V_0 est le même que le voltage de la batterie. Puis il décroît très vite et après 1 seconde environ il commence à prendre une valeur sensiblement constante ou à tomber à zéro, suivant que l'extrémité réceptrice est isolée ou à la terre. Dans le cas qui

(1) Théorie, 9 août 1912, p. 742.

nous occupe, c'est surtout ce qui se passe immédiatement après la fermeture de l'interrupteur qui est important, et la portion suivante de la courbe peut être ignorée. Il suffira, par conséquent, de supposer que le câble a un condensateur au départ et est à la terre à l'arrivée.

Le voltage périodique V_0 est alors donné par :

(19) $$V_o \text{ (périodique)} = \frac{E\, e^{ipt}}{1 + \frac{Z_o}{Z_r} \coth P\, l}$$

et l'effet du courant d'une simple batterie est :

(20) $$V_o = \sum_x \frac{E\, e^{-\frac{x^2 t}{K R l^2}}}{1 + \frac{x}{\sin x \cos x}}$$

Donc, comme pour (17) :

(21) $$V_o \text{ (transitoire)} = \sum_x \frac{2 E\, e^{-\frac{x^2 t}{K R l^2}}}{1 + \frac{x}{\sin x \cos x}} \quad \frac{-1}{p \frac{K R l^2}{x^2} + \frac{x^2}{p K R l^2}}$$

où :

(22) $$\operatorname{Cot} x = x \frac{K_s}{K l}$$

Prenons $K_s = \frac{K l}{10}$. Alors (22) devient $\cot x = x/_{10}$ dont les racines sont données par la table XII. La courbe A, fig. 8, est construite avec les tables V et VI et la formule (21).

TABLE V. — Facteur transitoire.

x	$\frac{p K R l^2}{x^2}$	$\frac{x^2}{p K R l^2}$	$\frac{1}{\frac{p K R l}{x^2} + \frac{x^2}{p K R l^2}}$
1.429	133.93	0.0075	0.00747
4.306	14.750	0.0678	0.06749
7.228	5.2342	0.1911	0.18432
10.200	2.6283	0.3805	0.3324
13.214	1.5662	0.6385	0.4536
16.260	1.0343	0.9669	0.4997

TABLE VI. — Fig. 8, courbe A.

t	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	1.0
x_1 —	1.303	1.272	1.214	1.158	1.105	1.054	0.960	0.834
x_2 —	8.487	6.859	4.479	2.925	1.910	1.248	0.532	0.148
x_3 —	12.468	6.840	2.059	0.620	0.187	0.056	0.005	»
x_4 —	9.400	2.845	0.260	0.024	0.002	»	»	»
x_5 —	4.292	0.578	0.010	»	»	»	»	»
x_6 —	1.280	0.061	»	»	»	»	»	»
C_r	—37.230	—18.455	—8.023	—4.727	—3.204	—2.358	—1.497	—0.982

Le courant périodique s'obtient par la formule (19), qui se réduit, après les substitutions nécessaires, à :

$$(23) \qquad V_o = \frac{E \sin\left(p\,t + \tan^{-1}\dfrac{K\,l}{K\,l + K_s\sqrt{2\,p\,K\,R\,l^2}}\right)}{\sqrt{\left(1 + \dfrac{K\,l}{K_s\sqrt{2\,p\,K\,R\,l^2}}\right) + \dfrac{(K\,l/K_s)^2}{2\,p\,K\,R\,l^2}}}$$

d'où l'on déduit :

(24) V_0 — 671.0 sin (62.832 t + 16°40.3) millivolts par volt.

Lorsque $t = 0, 0.1, 0.2\ldots$ $V_0 = 192.5$ millivolts par volt.

La courbe B, fig. 8, est construite avec la formule (24). La courbe A a été tracée en prenant pour valeur initiale celle de la courbe B changée de signe, de sorte que le voltage sur le câble est nul au temps $t = 0$. La courbe C résulte de l'addition des courbes A et B. La courbe F est la courbe du voltage correspondant à un contact prolongé entre le câble et le pôle d'une batterie.

La courbe A ressemble à la courbe F, mais elle est bien plus petite, et la courbe A est également petite par rapport au voltage périodique (courbe B). Le voltage total (courbe C) est presque entièrement constitué par sa composante périodique.

Quand une F E M sinusoïdale est appliquée au départ d'un long câble, le voltage sur ce câble est très approximativement de forme purement périodique au départ.

Effort supporté par le câble.

Quand on emploie une batterie, le voltage sur le câble au poste transmetteur au moment de l'établissement du contact est le voltage

total de la batterie. Quand on emploie un alternateur, le voltage sur le câble croît de zéro à une valeur maximum, qui est dans le cas précédent de 0.60 volt. Par conséquent, si l'alternateur doit permettre

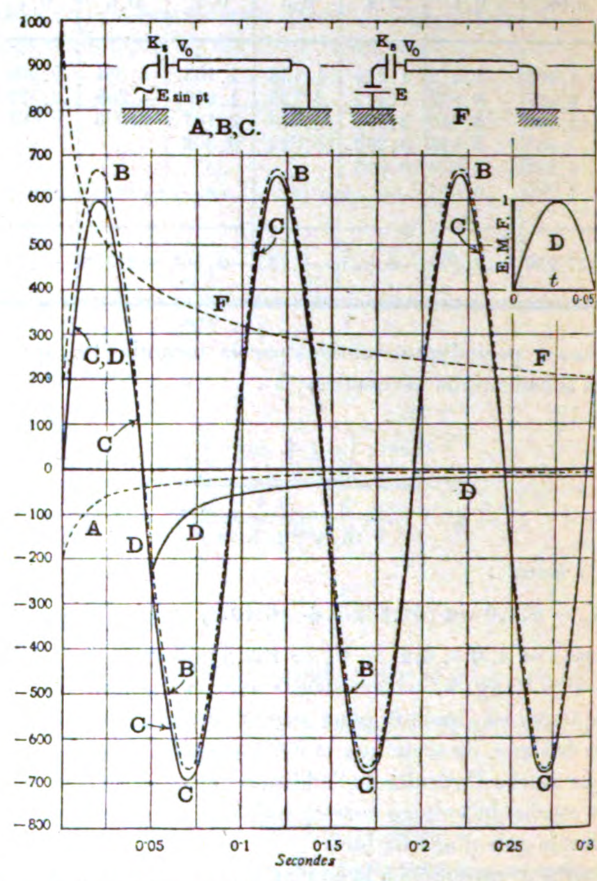


Figure 8. — Voltage à l'extrémité transmettrice du câble avec condensateurs. Courbe A. — Voltage transitoire. — Courbe B. — Voltage périodique. — Courbe C. — Voltage total (C = A + B). — Courbe D. — Signal formé par une demi-oscillation. — Courbe F. — Contrat prolongé avec un pôle de batterie.

d'atteindre en voltage des valeurs extrêmes égales au voltage de la batterie, son amplitude propre doit être augmentée en gros de $\frac{2}{3}$, la valeur précise de cet accroissement étant d'ailleurs fonction des dimensions du condensateur du poste transmetteur. Si ces dimensions diminuent, les signaux reçus perdent en intensité mais gagnent en netteté. Dans ce cas l'effort supporté par le câble ne varie pas, si l'on se sert

d'une batterie, et au contraire diminue, si l'on utilise un alternateur. Pour un même effort supporté par le câble le voltage de l'alternateur peut être d'autant plus élevé que le condensateur est plus petit. Si le voltage alternatif était $\frac{\pi E}{2}$, les signaux reçus seraient les mêmes dans les deux cas, et, dans les circonstances présentes, les efforts sur le câble au poste transmetteur seraient à peu près égaux.

Décroissance du voltage le long du câble.

Le voltage périodique $V\,l'$, à la distance l' du poste transmetteur est donné par la formule :

$$(25) \qquad V\,l' = \frac{V_s\,(\cosh P\,\overline{l-l'} + Z_0/Z_r \sinh P\,\overline{l-l'})}{(1 + Z_s/Z_r)\cosh P\,l + (Z_s/Z_0 + Z_0/Z_r)\sinh P\,l'}$$

qui peut être obtenue en multipliant (77) par le facteur $\cosh P\,\overline{l-l}$ $+ Z_0/Z_r \sinh P\,\overline{l-l'}$, comme dans (114) +, de sorte que pour l $= 0$ $V_l' = V_e$ et pour $l' = l$ $V_l' = V_o$.

Si $n = 10$, $P\,l$ est grand et pour $l' \leqq \frac{l}{2}$, c'est-à-dire jusqu'au milieu du câble, $P\,\overline{l-l'}$ est également grand ; par suite, l'on a :

$$\operatorname{Cosh} P\,l = \sinh P\,l$$
$$\operatorname{Cosh} P\,\overline{l-l'} = \sinh P\,\overline{l-l'}$$

ce qui entraîne :

$$(26) \qquad V\,l' = \frac{V_s\,(1 + Z_0/Z_r)}{1 + Z_s/Z_r + Z_s/Z_c + Z_0/Z_r}\;\frac{\sinh P\,\overline{l-l'}}{\sinh P\,l}$$

Faisons comme précédemment $Z_s = Z_r\,\frac{1}{i\,p\,K_r}$; $Z_0 = \sqrt{\frac{R}{i\,p\,K}}$ et $P = \sqrt{R\,i\,p\,K}$:

Il vient :

$$V_r = \frac{V_s\left(1 + i\,p\,K\sqrt{\frac{R}{i\,p\,K}}\right)}{2 + \frac{1}{i\,p\,K_r}\sqrt{\frac{i\,p\,K}{R}} + i\,p\,K_r\sqrt{\frac{R}{i\,p\,K}}}\;\frac{\sinh \overline{l-l'}\sqrt{R\,i\,p\,K}}{\sinh l\sqrt{R\,i\,p\,K}}$$

$$(27) = \frac{0{,}671\,E \sin\left(p\,t - 11.693\,\frac{l'}{l} + 16^\circ 40.3\right)\sinh 11.693\left(1 - \frac{l'}{l}\right)}{59.860}$$

Nous avons dressé à l'aide de cette formule la table VII dont nous avons déduit les courbes A B et C, fig. 9.

TABLE VII. — Fig. 9, courbes A et A'.

l'/l	$n\ m\ s$	$\sinh 11.693\left(1-\frac{l}{l'}\right)$	$V_{l'}$ (millivolts par volt)	$C_{l'}$ (milliampères par volt)
0	0	59,860	671	2.231
0.01	22.8	53,252	597	1.984
0.02	45.5	47,367	531	1.765
0.03	68.3	42,143	472	1.570
0.04	91.1	37,484	420	1.397
0.05	113.8	33,349	374	1.245
0.07	159.3	26,392	296	0.983
0.10	227.6	18,598	208	0.693
0.15	341.5	10,363	116	0.386
0.20	455.3	5,772.5	64.7	0.215
0.25	569.1	3,217.3	36.06	0.120
0.30	682.9	1,792.5	20.09	0.0678
0.40	910.6	556.1	6.23	0.0207
0.50	1138.2	173.0	1.94	0.0065

La courbe A montre comment s'amortit l'amplitude de l'oscillation sinusoïdale à mesure que la distance au poste transmetteur grandit. La courbe B donne en tout point du câble la phase de l'oscillation par rapport au poste transmetteur. La courbe C est une combinaison de ces deux courbes A et B et représente le voltage instantané lorsque la F E M transmettrice passe par la valeur zéro.

La longueur d'onde de l'oscillation est donnée par $11.963 \times \frac{l'}{l}$ $= 2\pi$ ou $l' = 0.5374 \times l = 1123.4$, légèrement supérieure à la demi longueur du câble.

La formule suivante donne le courant correspondant :

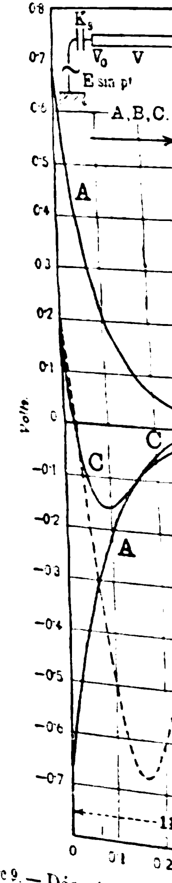
$$C_r = \frac{V_s\,(Z_0 \cosh P\,\overline{l-l'} + Z_r \sinh P\,\overline{l-l'})}{Z_0\left[(Z_s + Z_r)\cosh Pl + \left(Z_0 + \frac{Z_r\,Z_s}{Z_0}\right)\sinh Pl\right]} \qquad (28)$$

Cette formule ressemble à (21)* et (89) +, à laquelle d'ailleurs elle se réduit lorsque $l' - l$ ou $l' = 0$.

Si, comme précédemment, on a affaire à un long câble, pour lequel $P\,l$ et $P\,\overline{l-l'}$ sont grands,

$$C_{l'}' = \frac{V_{l'}'}{V_0}. \qquad (29)$$

Par suite, $C_{l'}'$ peut s'obtenir en divisant $V_{l'}'$ par Z, ou $\sqrt{\frac{R}{ipK}}$ ou bien en le multipliant par $\sqrt{\frac{pK}{R}}\Big/\frac{\pi}{4}$.



Le tableau VII donne aussi les valeurs de C_l'. Les courbes A′ B′ C′ de la fig. 9 ont été construites avec cette table VII et la formule (29).

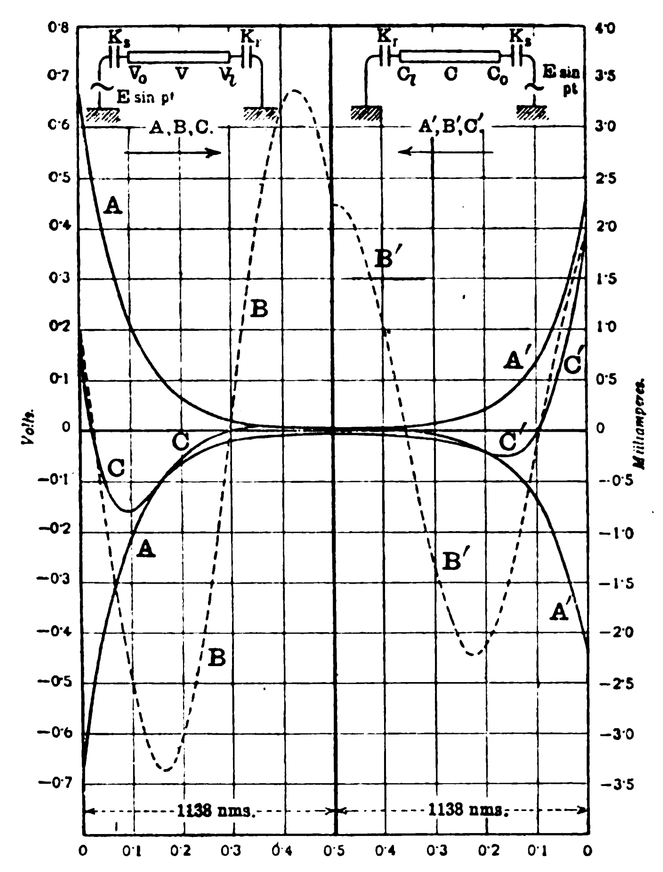


Figure 9. — Décroissance du voltage et du courant le long du câble $n = 10$ $E = 10$. Courbe A. — Décroissance du voltage. — Courbe B. — Phase du voltage, — Courbe C. — Voltage au moment ou la force électromotrice transmettrice passe par la valeur zéro. — Courbe A′ B′ C′. — Courbes de courant.

La courbe A′ montre comment s'amortit l'amplitude, la courbe B′ donne la phase et la courbe C′ donne le courant dans le câble au moment où la F E M transmettrice passe par zéro. Le courant en un point quelconque est en avance de 45° sur le voltage en ce point, et cela est toujours vrai sur un long câble, pour la première moitié de ce câble, quels que soient les appareils placés au poste transmetteur, avant que l'effet des appareils récepteurs ne se fasse sentir.

La fig. 9 suppose que la F E M alternative est appliquée depuis un

temps très long, de sorte que tous les phénomènes transitoires ont disparu. Dans le cas d'une F E M continue équivalente, la distribution du voltage serait représentée par une ligne droite située à la hauteur du point 83.3 millivolts par volt, ou 1/12[e] du voltage appliqué. Le courant correspondant serait nul. Avec les procédés actuels de télégraphie sinusoïdale, on ne réalisera jamais les distributions représentées par la fig. 9, car on ne maintiendra jamais pendant un temps suffisant la F E M transmettrice.

Croissance du voltage le long du câble. Contact avec un pôle de batterie.

Pour obtenir la loi de croissance du voltage en un point quelconque du câble, nous devons transformer (25) et chercher ce que devient cette formule dans le cas d'un simple contact prolongé avec le pôle d'une batterie. (25) diffère de (77)* par le facteur $\cosh P\overline{l - l'} + \frac{Z_o}{Z_r} \sinh P\overline{l - l'}$.

Remplaçons, conformément à la règle connue, Z_o par $R\, l/x_i$ et Z_r par $K\, R\, l^2/ - x^2 K_r$; le facteur en question devient :

$$(30) \qquad \operatorname{Cos} x \left(1 - \frac{l'}{l}\right) - \frac{x K_r}{K l} \sin x \left(1 - \frac{l'}{l}\right).$$

Par suite, l'expression complète du voltage en un point quelconque du câble dû au contact prolongé avec une batterie :

$$V_l' = \frac{E K_s}{K_s + K_r + K l}$$

$$- \sum_x \frac{2 E l^{\,-\frac{x^2 t}{K R l^2}} \left[\cos x \left(1 - \frac{l'}{l}\right) - x \frac{K_r}{K l} \sin x \left(1 - \frac{l'}{l}\right)\right]}{\frac{x^2 K_r}{K l}\left(\frac{1}{\cos x} + \frac{\sin n}{n}\right) + \frac{K l}{K_s}\left(\frac{\sin n}{n} + \frac{1}{\cos n}\right)}$$

dans laquelle :

$$\operatorname{tang} x = \frac{1 + \frac{K_r}{K l}}{x \frac{K_r}{K l} - \frac{1}{x} \frac{K l}{K_s}}$$

Faisons $l' = \frac{l}{4}$ et $K_s = K_r = \frac{K l}{10}$ comme précédemment.

Les valeurs du facteur (30) sont données par la table VIII. La table IX a été obtenue en multipliant les nombres de la table XXVI + par les nombres correspondants de la table VIII.

Les valeurs de $V_{l/4}$ contenues dans les deux premières colonnes de la table IX, dans lesquelles t est petit, doivent être considérées comme simplement approximatives; pour obtenir les valeurs exactes, il faudrait prendre plus de termes de la série. La courbe B, figure 10, est

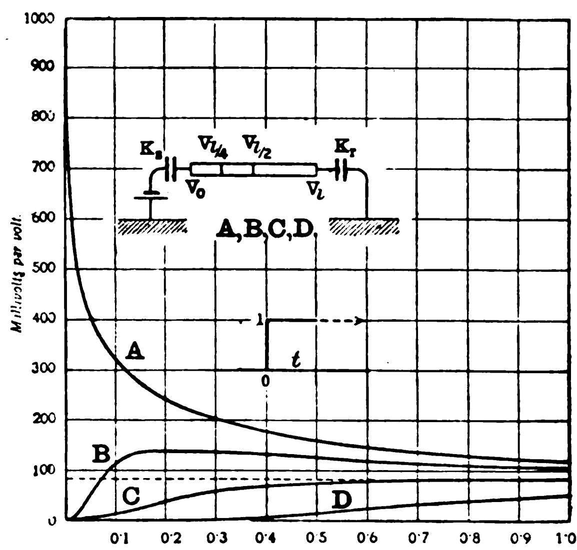


Figure 10. — Croissance du voltage en différents points du câble. Cas d'un contact prolongé avec la batterie.

Courbe A. — Voltage au poste transmetteur. — Courbe B. — Voltage au quart du chemin. — Courbe C. — Voltage à mi-chemin. — Courbe D. — Voltage au poste - récepteur.

déduite de la table IX. Les courbes A et D de la même figure sont la reproduction de la courbe B de la figure 32 $\pm$ et de la figure 24; la courbe C (fig. 10), est déduite de la table XI, dressée d'une manière analogue en partant de la table X. Elle donne la loi de croissance du voltage au milieu du câble, correspondant à un contact prolongé avec

TABLE VIII. — $l' = l/4$.

x	$\cos\frac{3x}{4}$	$\sin\frac{3x}{4}$	$\cos\frac{3x}{4} - \frac{x}{10}\sin\frac{3x}{4}$
2.6272	— 0.3891	+ 0.9212	— 0.6311
5.307	— 0.6683	— 0.7438	— 0.2735
8.067	+ 0.9731	— 0.2304	+ 1.1590
10.909	— 0.3215	+ 0.9469	— 1.3546
13 819	— 0.5897	— 0.8076	+ 0.5265
16.782	+ 0.9997	+ 0.026	+ 0.9561
19.786	— 0.6472	+ 0.7623	— 2.1554
22.817	— 0.1640	— 0.9864	+ 2.0869

TABLE IX. — Fig. 10, courbe B. $l' = l/4$,

t secondes	0.025	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	1.0
x_1 +	95.59	91.87	84.87	72.41	61.80	52.74	45.00	32.77	20.36
x_2 —	31.41	26.72	19.32	10.12	5.30	2.77	1.45	0.40	0.06
x_3 —	86.24	59.34	28.09	6.29	1.41	0.31	0.07	»	»
x_4 —	57.25	28.89	7.36	0.48	0.03	»	»	»	»
x_5 —	11 30	3.77	0.42	0.01	»	»	»	»	»
x_6 +	9.45	1.88	0.08	»	»	»	»	»	»
x_7 +	8.89	0.94	»	»	»	»	»	»	»
x_8 +	3.27	0.16	»	»	»	»	»	»	»
Constante +	83.33	83.33	83.33	83.33	83.33	83.33	83.33	83.33	83.33
(1) V $l/4$	14.33	59.46	113.09	138.84	138.39	132.99	126.81	115.70	103.63

(1) Millivolts par volt.

TABLE X. — $l = l'/2$.

x	$\cos \frac{x}{2}$	$\sin \frac{x}{2}$	$\cos \frac{x}{2} - \frac{x}{10} \sin \frac{x}{2}$
5.307	— 0.8833	+ 0.4689	— 1.1321
10.909	+ 0.6759	— 0.7369	+ 1.4798
16.782	— 0.5116	+ 0.8592	— 1.9536
22.817	+ 0.4012	— 0.9160	+ 2.4913

TABLE XI. — Fig. 10, courbe C. $l' = l/2$.

t secondes	0.025	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	1.0
x_2 —	130.00	110.57	79.96	41.88	21.93	11.48	6.01	1.65	0.24
x_4 +	62.54	31.57	8.04	0.52	0.30	»	»	»	»
x_6 —	19.31	3.83	0.16	»	»	»	»	»	»
x_8 +	3.91	0.20	»	»	»	»	»	»	»
Constante +	83.33	83.33	83.33	83.33	83.33	83.33	83.33	83.33	83.33
(1) V $l/2$	0.47	0.70	11.25	41.97	61.70	71.85	77.32	81.68	83.09

(1) Millivolts par volt

une batterie. La table XI a un nombre de lignes moitié de celui de la table IX, car les racines impaires de (32) n'existent plus.

La courbe B s'élève rapidement à partir de zéro, atteint un coude

de 150 millivolts par volt au temps 0,2 seconde et ensuite tend lentement vers une valeur constante de 83,3 millivolts par volt, c'est-à-dire 1/12ᵉ du voltage de la batterie. La courbe C s'élève lentement vers une valeur constante et sa pente est toujours positive. La courbe D est un peu plus inclinée.

Déformation des signaux de la batterie pendant la transmission.

Les courbes de croissance du voltage aux divers points du câble étant maintenant connues, nous pouvons les combiner de manière à obtenir la forme d'un signal donné en ces différents points. C'est ce que l'on a fait dans la figure 11 pour le poste transmetteur.

La courbe A est la courbe du voltage correspondant à un contact

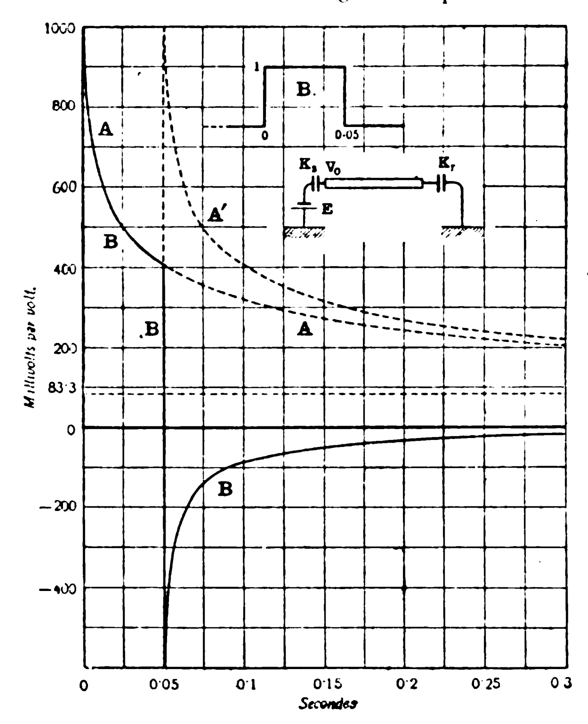


Figure 11. — Signal point durant 0.05 seconde.
Voltage au poste transmetteur.

Courbe A. — Contact prolongé. — Courbe B. — Différences entre A et A′. — Courbe A′. — Courbe A déplacée de 0.05 seconde.

prolongé comme dans la figure 10 (A). La courbe A′ est la courbe précédente déplacée de 0.05 seconde à droite. La courbe B est obtenue en retranchant A′ de A et représente le voltage au poste transmetteur correspondant à un signal élémentaire (point) durant 1/20ᵉ de seconde.

Le voltage au moment précis du contact, alors que le condensateur du poste transmetteur n'est pas encore chargé, est le voltage de la batterie. A mesure que le condensateur se charge, le voltage sur le câble décroît vite. A 0.05 seconde, l'extrémité transmettrice est mise à la terre et le voltage sur le câble tombe subitement à — 590 millivolts par volt, après quoi il retourne lentement à zéro. La partie positive du signal dure 0.05 seconde et la partie négative 0.15 seconde, ce qui fait un total de 0.20 seconde.

La figure 12 a été établie par le même procédé. Les courbes A et A

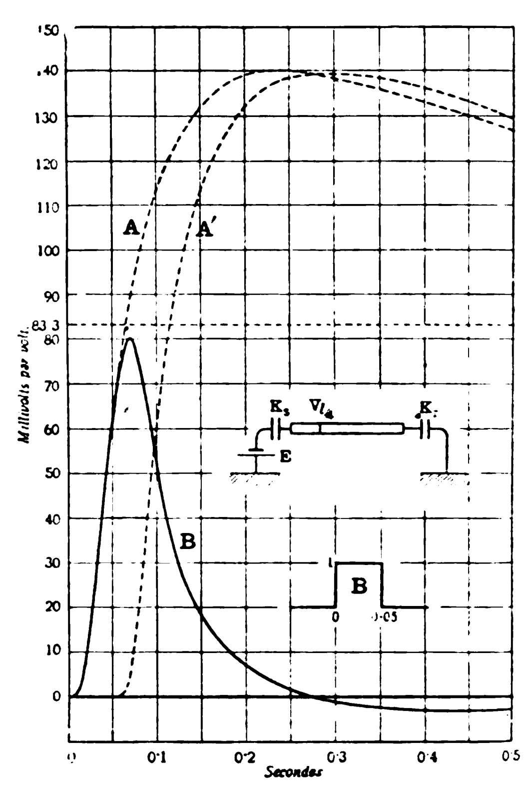


Figure 12. — Signal point durant 0.05 seconde.
Voltage au quart du chemin sur le câble.

Courbe A. — Contact prolongé. — Courbe A′. — Courbe A déplacée de 0.05, seconde. — Courbe B. — Différence entre A et A′.

y sont la reproduction de la courbe B, fig. 10. La courbe B (fig. 12) obtenue en retranchant A′ de A donne la forme du signal au quart de son chemin à travers le câble.

Le voltage part maintenant de zéro et atteint, par une pente très

raide, après 0.075 seconde un maximum de 80 millivolts par volt. Puis il décroît, s'annule à 0.28 seconde et se prolonge par une longue queue négative qui finalement tend vers zéro. Le signal dure encore 0.2 seconde environ, mais il n'est sensible que dans sa partie positive. Donc, déjà au quart du chemin, les angles vifs de la fermeture et de la rupture du contact ont disparu.

Dans la figure 13 les courbes A et A′ sont la reproduction de la

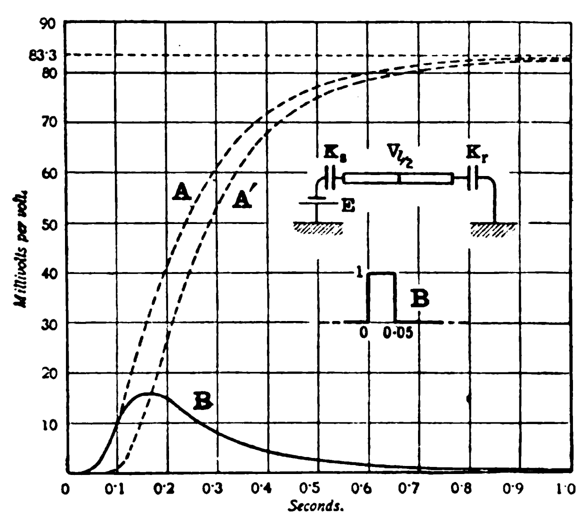


Figure 13. — Signal point durant 0.05 seconde.
Voltage à mi chemin du câble.

Courbe A. — Contact prolongé. — Courbe A′. — Courbe A déplacée de 0.05 seconde. — Courbe B. — Différence entre A et A′.

courbe C, fig. 10, et la courbe B s'en déduit en retranchant A′ de A. La queue négative a complètement disparu. Le maximum de 16 millivolts par volt n'est pas atteint avant 0.17 seconde et le signal entier dure plus d'une demi-seconde.

Les courbes A et A′, fig. 14, sont copiées sur la courbe D, fig. 10 et la courbe B est leur différence. La courbe B′ est la courbe B a une échelle dix fois plus grande. Les courbes A et A′ son en effet trop voisines l'une de l'autre pour que l'on puisse évaluer exactement leur différence et elles ont été calculées à des intervalles plus rapprochés (tous les 0.05 de seconde) pour permettre de dessiner la courbe B′ d'une façon suffisamment exacte. Le signal atteint son maximum de 4 millivolts par volt en 0.54 seconde et il faut attendre environ 2 secondes pour que le signal entier s'achève.

Signal formé par une demi-période au poste transmetteur.

Avant de déterminer par le calcul la forme que prend une demi-oscillation simple due à une source de F E M alternative en cheminant sur le câble, il faut, comme nous l'avons expliqué précédemment, obtenir la courbe d'établissement d'une oscillation sinusoïdale soutenue sur le câble. Cela a déjà été fait pour le poste transmetteur (fig. 8, courbe C). Par conséquent, nous obtiendrons la courbe du voltage au poste transmetteur correspondant à une demi-oscillation

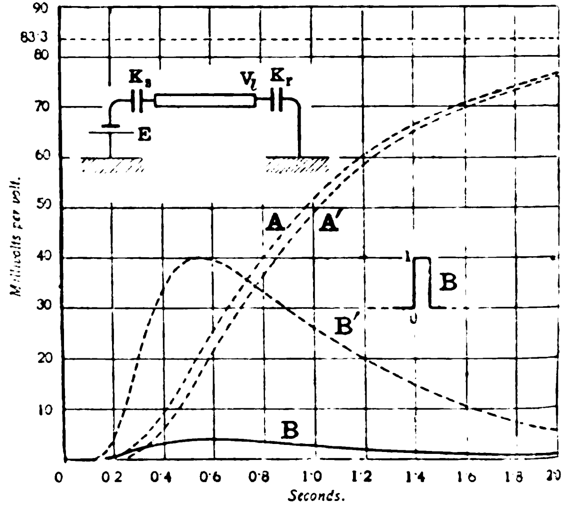


Figure 14. — Signal point durant 0.05 seconde.
Voltage au condensateur d'arrivée.

Courbe A. — Contact prolongé. — Courbe A′. — Courbe A déplacée de 0.05 seconde. Courbe B. — Différence entre A et A′. — Courbe B′. Courbe B à l'échelle 10/1 par rapport à A et A′.

simple de F E M sinusoïdale en ajoutant à la courbe C celle qu'on obtient en la déplaçant de 0.05 seconde. D'autre part, la courbe B, composante périodique de la courbe C, interfère avec elle-même à partir de 0.05 seconde et jusqu'à 0.05 seconde s'unit à la courbe A pour donner la courbe C. A partir de $t = 0.05$ seconde, nous obtiendrons la courbe D cherchée en ajoutant la courbe A à elle-même, déplacée vers la droite de 0.05 seconde.

La courbe D croît jusqu'à un maximum de 600 millivolts en 0.02 seconde, puis décroît jusqu'au minimum négatif de 230 millivolts et se termine par une longue queue. On peut comparer la courbe D, à la courbe B, fig. 11. Les limites extrêmes sont pour cette dernière + 1 et — 0,59 volt. Pour la courbe D, si l'amplitude au départ attei-

gnait 1,57 volt $\left(=\frac{\pi}{2}\right)$, ces limites seraient + 0,94 et — 0,36, soit 1.30 volt d'écart.

On remarquera que la pointe aiguë qui marque le commencement du signal dû à une batterie (fig. 11, courbe B), n'existe pas dans la courbe D de la fig. 8. Dans celle-ci le voltage croît doucement jusqu'à son maximum.

Dans la figure 11, courbe B, on constate encore ce brusque changement dans le voltage, soit ici de 0,41 à — 0,59 volt, lorsque le câble est mis à la terre à la fin du signal. Dans la courbe D, figure 8, au contraire, il n'y a pas de choc aussi brusque. Le voltage tombe lentement vers — 0,36 volt (0,23 × 1,57) puis tend vers zéro. La dépression que dessine la courbe est dans ce cas, ni aussi profonde, ni aussi escarpée que lorsque la batterie est utilisée.

La courbe B, figure 12, montre que les angles de la courbe du signal s'arrondissent lorsque celui-ci a parcouru un petit chemin dans le câble. Mais c'est surtout au poste transmetteur que ces angles aigus peuvent être nuisibles en troublant l'équilibre du duplexage. Plus la croissance du voltage au poste transmetteur sera lente et graduelle, plus il sera facile d'obtenir un équilibre parfait de sorte que l'on pourra employer des appareils récepteurs plus sensibles et l'on ne craindra pas néanmoins de les voir actionnés ou déréglés par les signaux émis au même poste.

Déformation d'un signal formé par une demi-période pendant la transmission.

Avant de chercher la forme qu'affecte un signal déterminé en un point donné du câble, il faut connaître la courbe représentant l'établissement au point considéré d'une série continue d'oscillations alternatives. La composante transitoire de ce voltage (période d'établissement) s'obtiendra comme précédemment en multipliant l'expression correspondante dans le cas d'un contact prolongé avec le pôle d'une batterie par le facteur :

$$\frac{-1}{p\,\frac{KRl^2}{x^2}+\frac{x^2}{p\,KRl^2}}$$

ce qui donne finalement la formule suivante :

(33) $V_{l'}$ (transitoire) =

$$\sum_x \frac{2\,E\,e^{\frac{-x^2 t}{K R l^2}}\left[\cos x\left(1-\frac{l'}{l}\right)-\frac{x K_r}{K_s}\sin x\left(1-\frac{l'}{l}\right)\right]}{\frac{x^2 K_r}{K l}\left(\frac{1}{\cos x}+\frac{\sin x}{x}\right)+\frac{K l}{K_s}\left(\frac{\sin x}{x}-\frac{1}{\cos x}\right)}$$

$$\times \frac{1}{p\frac{K R l^2}{2^2}+\frac{x^2}{p K R l^2}}$$

La première partie de cette expression, pour $l' = \frac{l}{4}$ est contenue dans la table IX, et la table XII a été déduite de cette table IX en multipliant ses différents termes par les valeurs correspondantes du facteur précédent (valeurs écrites d'ailleurs dans la dernière colonne).

La composante périodique au quart du chemin $\left(l' = \frac{l}{4}\right)$ est, d'après la table VII :

$V_{l/4}$ (périodique millivolts par volt)

(34) $$= 36.06 \sin\left(p\,t - \frac{11.693}{4} + 0.2910\right)$$

$$= -\ 36.06 \sin p\,(t + 0.008')$$

Lorsque $t = 0$, $V_{l/4}$ (périodique) = — 17,57 millivolts par volt.

TABLE XII. — Fig. 15, courbe A. $l' = l/4$.

t sec.	0.025	0.05	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.70	1.00	$\frac{1}{\frac{pKRl^2}{x^2}+\frac{x^2}{pKRl^2}}$
x_1 —	2.412	2.318	2.141	1.827	1.559	1.331	1.135	0.827	0.514	0.02523
x_2 +	3.200	2.722	1.969	1.031	0.540	0.283	0.148	0.041	0.006	0.10191
x_3 +	19.428	13.369	6.329	1.418	0.319	0.071	0.016	»	»	0.22528
x_4 +	20.943	10.568	2.690	0.175	0.010	»	»	»	»	0.3658
x_5 +	5.306	1.771	0.198	0.002	»	»	»	»	»	0.4694
x_6 —	4.724	0.937	0.038	»	»	»	»	»	»	0.4998
x_7 —	4.176	0.441	»	»	»	»	»	»	»	0.4695
x_8 —	1.347	0.068	»	»	»	»	»	»	»	0.4117
$V_{l/4}$ (1)	36.218	24.666	9.007	0.799	—0.690	—0.977	—0.971	—0.786	—0.508	»

(1) Millivolts par volt.

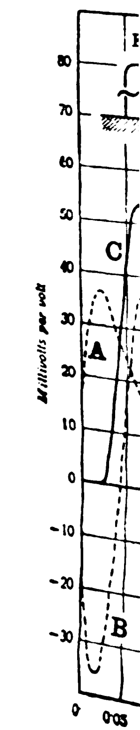


TABLE XIII. — Fig. 16, courbe A. $l' = l/2$.

t sec.	0.025	0.05	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.70	1.00	$\frac{1}{\frac{pKRl^2}{x^2}+\frac{x^2}{pKRl^2}}$
x_2 +	13.246	11.267	8.147	4.268	2.234	1.170	0.613	0.168	0.024	0.1019
x_4 −	22.877	11.547	2.940	0.191	0.108	»	»	»	»	0.3658
x_6 +	9.651	1.915	0.078	»	»	»	»	»	»	0.4998
x_8 −	1.608	0.081	»	»	»	»	»	»	»	0.4117
(1) $V l/2$	−1.588	+1.554	5.285	4.077	2.126	1.170	0.613	0.168	0.024	»

(1) Millivolts par volt.

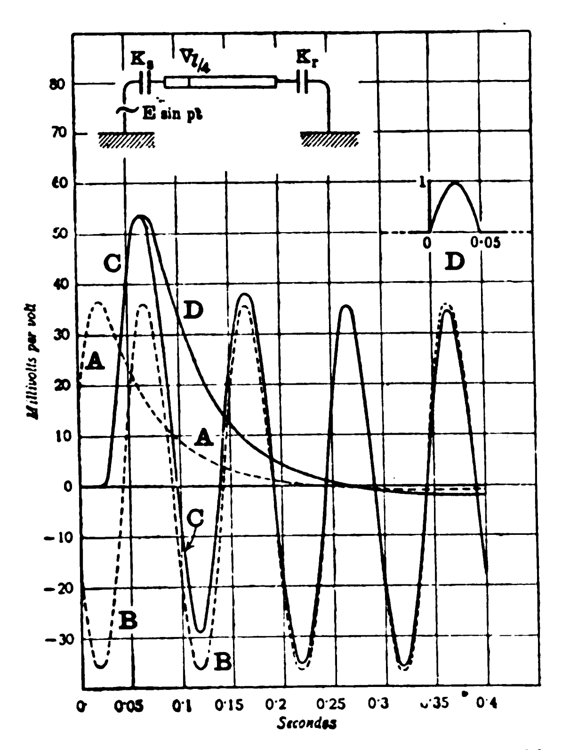


Figure 15. — Voltage alternatif au quart du chemin sur le câble $n = 10$.
Courbe A. — Composante transitoire. — Courbe B. — Composante périodique. — Courbe C. — Somme de A et de B ; voltage alternatif prolongé. — Courbe D. — Signal point.

La courbe B, fig. 15, est déduite de (34) et la courbe C est obtenue en ajoutant les courbes A et B. La première demi-oscillation positive

est maintenant la plus importante et il y a une croissance générale au dehors de la courbe pendant les toutes premières oscillations qui n'existait pas dans la courbe C, fig. 8.

La courbe D est obtenue en partant des courbes C à A, comme on l'a fait pour la courbe D, fig. 8. Une demi-oscillation simple au poste transmetteur produit cette vague de voltage que dessine la courbe D à

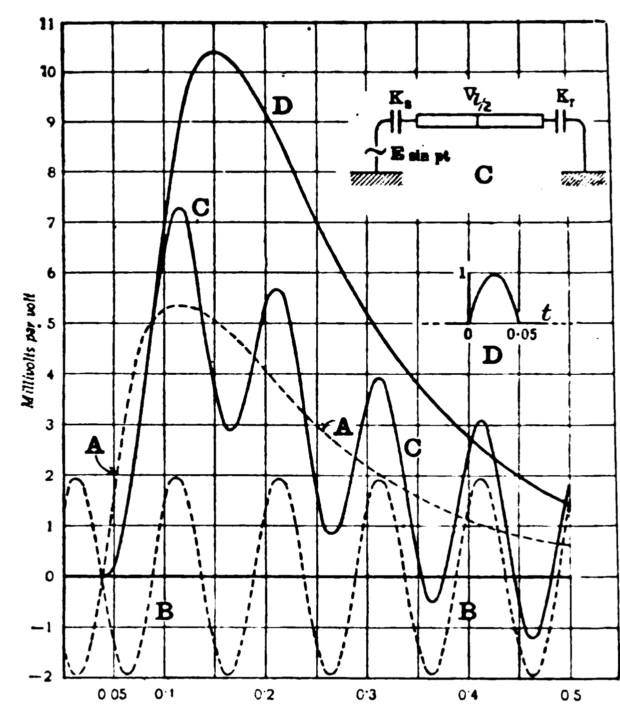


Figure 16. — Voltage alternatif à mi chemin du câble $n = 10$

Courbe A. — Composante transitoire. — Courbe B. — Composante périodique — Courbe C. — Somme de A et de B. — Courbe D. — Signal d'une demi-oscillation.

une distance du poste transmetteur égale au quart de la longueur du câble. La courbe D est presque entièrement positive, la portion négative commençant environ à 0.3 seconde. Le maximum de 54 millivolts par volt est atteint à peu près en 0.065 seconde. On comparera la courbe D à la courbe B, fig. 12.

A mi-chemin sur le câble, la composante transitoire s'obtiendra de même en multipliant, comme dans la table XIII, les nombres de la table XI par le facteur convenable.

La composante périodique pour $l' = \frac{l}{2}$ est :

$V_{l/2}$ (périodique millivolts par volt)

$$= 1.9395 \sin (p t + 0.7277)$$

(35) $$= 1.9395 \sin (p t + 0.01158).$$

La courbe A (fig. 16) est déduite de la table XIII et la courbe B est déduite de (35).

La courbe C a été obtenue en ajoutant les courbes A et B. La courbe D a été tracée en partant des courbes C et A. Elle suit la courbe C jusqu'à 0.05 seconde, puis résulte de la courbe A ajoutée à elle-même après une translation de 0.05 seconde vers la droite.

La courbe C montre comment les oscillations successives s'ajoutent aux précédentes. Lorsque le signal a parcouru la moitié de la longueur du câble, il se comporte déjà comme une onde avec un front très raide s'élevant à 7.3 millivolts par volt et tendant ensuite vers une oscillation de $\pm$ 2 millivolts par volt. La première oscillation se contracte, il semble, sous le poids des suivantes qui s'entassent sur elle et s'empilent l'une sur l'autre au front de l'onde.

La courbe D a un maximum de 10,3 millivolts par volt qui est atteint en 0.15 seconde. La courbe D peut être utilement comparée à la courbe B, fig. 13.

A l'extrémité du câble, la composante transitoire s'obtiendra en multipliant, comme dans la table XIV les nombres de la table XXVI (*Théorie*, 28 juin 1912, p. 493), donnant le voltage à l'arrivée par un facteur convenable.

TABLE XIV. — Fig. 17, courbe A. $l' = l$.

t sec.		0.025	0.05	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.70	1.0	1.5	2.0	3.0
x_1	+	3.82	3.67	3.39	2.90	2.47	2.11	1.80	1.310	0.81	0.37	0.17	0.03
x_2	—	11.70	9.95	7.20	3.77	1.97	1.03	0.54	0.15	0.02	»	»	»
x_3	+	16.76	11.54	5.46	1.22	0.26	0.06	0.01	»	»	»	»	»
x_4	—	15.46	7.80	1.99	0.13	0.01	»	»	»	»	»	»	»
x_5	+	10.08	3.36	0.38	0.01	»	»	»	»	»	»	»	»
x_6	—	4.94	0.98	0.04	»	»	»	»	»	»	»	»	»
x_7	+	1.94	0.20	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
x_8	—	0.65	0.03	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
(1) V l		— 0.15	+ 0.01	0.01	0.22	0.77	1.14	1.27	1.16	0.79	0.37	0.17	0.03

(1) Transitoire ; millivolts par volt.

La composante périodique à l'extrémité du câble est :

V_l (périodique millivolts par volt) $= 0.00455 \sin (p\,t + 0.6700)$

(36) $= 0.00455 \sin p\,(t + 0.0107)$.

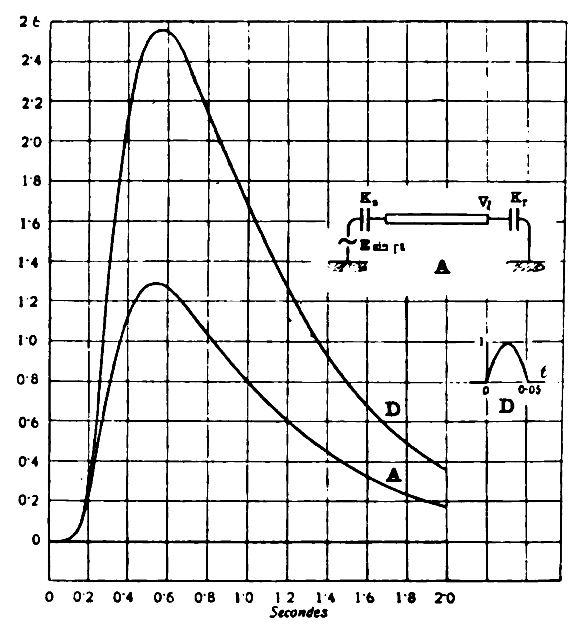


Figure 17. — Voltage alternatif à l'extrémité réceptrice du câble $n = 10$. Courbe A. — Composante transitoire. — Courbe D. — Signal formé par une demi-oscillation de la F. E. M. transmettrice.

La courbe A, fig. 17, est déduite de la table XIV. La composante périodique, telle que la donne (36) est trop petite pour être dessinée. La courbe D a été obtenue en ajoutant la courbe A à elle-même déplacée de 0.05 seconde. La composante transitoire du courant d'arrivée peut être déduite de la courbe A en multipliant la pente par $87{,}5 \times 10^{-6}$ conformément à :

$$C_r = K_r \frac{d\,V\,l}{d\,t}.$$

Si C_r est exprimé en microampères par volt et V_l en millivolts par volt, on doit avoir :

$$C_r\,(\text{transitoire}) = 0.0875 \frac{d\,V\,l}{d\,t}. \tag{37}$$

On obtient d'ailleurs C_r (périodique) en multipliant V_l (périodique) par $\dfrac{K_r\,p}{\frac{\pi}{2}}$ de sorte que, avec les mêmes unités que précédemment,

(38) $$C_1 \text{ (périodique)} = 5{,}20 \times V_1 \Big/ \frac{\pi}{2}.$$

De cette façon, on pourrait déduire les courbes A et B, fig. 5, de la courbe A, fig. 17, et de (38) et grâce à elles la courbe C, fig. 5, qui est la dérivée de la courbe C (fig. 17), pourrait être construite.

. Le voltage à l'arrivée au condensateur récepteur dû à une F E M alternative au poste transmetteur est, comme le montre la courbe A de la figure 17, de nature presque entièrement transitoire, la petite oscillation alternative étant trop faible pour être dessinée à cette échelle. L'oscillation est plus prononcée dans la courbe d'arrivée du courant, car le condensateur récepteur offre une moindre résistance au courant périodique (comme le montre (38)) qu'au courant transitoire (donné par (37)) dû à la croissance et à la décroissance graduelles du voltage à l'arrivée.

On comparera la courbe D à la courbe B, fig. 14 (obtenue d'une façon différente), avec laquelle elle coïnciderait si ses ordonnées étaient multipliées par 1.55.

Conclusion.

Il résulte de l'étude précédente qu'une onde sinusoïdale de F E M, dans les mêmes conditions d'effort maximum supporté par le câble, donnera les mêmes signaux au poste récepteur que l'onde rectangulaire actuellement utilisée. Au poste transmetteur, au contraire, la croissance du voltage dans le cas de la F E M sinusoïdale est plus douce, ce qui facilite le maintien de l'équilibre du duplexage. En outre, le transmetteur à ondes sinusoïdales possède certaines propriétés caractéristiques qui manquent à la batterie. C'est ainsi qu'il présente une grande commodité d'emploi, attendu qu'il est à la fois un générateur et un transmetteur. Le fait que l'on peut facilement contrôler la phase et la forme de l'onde rend inappréciable l'intérêt de l'alternateur au point de vue expérimental. On pourrait, grâce à lui, déterminer les valeurs effectives des constantes d'un câble, surtout de la self-induction dont on désire depuis longtemps des valeurs numériques précises. En téléphonie, on est passé des piles aux accumulateurs et plus récemment à la dynamo. Il n'est pas déraisonnable de supposer que la même évolution peut se faire en télégraphie sous-marine.

Service d'Études et de Recherches Techniques
DE L'ADMINISTRATION DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES.

Visite aux laboratoires de transmission téléphonique du Post Office britannique (1).

Les laboratoires de téléphonie du service d'études du Post Office (Research Section) sont installés à Dollis Hill (banlieue N.-O. de Londres) dans quinze bâtiments clairs et spacieux à usage de bureaux, ateliers, magasins et salles de mesures.

120 personnes : Ingénieurs, officiers, chimistes, dessinateurs, mécaniciens, assistants, dactylographes y participent à des travaux d'études concernant toutes les branches de la téléphonie : mesures d'appareils, d'installations, d'organes commutateurs, téléphonie automatique, téléphonie sans fil, etc.

Les mesures d'appareils et d'organes commutateurs s'effectuent dans deux de ces bâtiments. L'un renferme les installations de mesures d'impédance, d'essais d'appareils automatiques et de commutateurs, les oscillographes, etc.

Le deuxième est affecté aux mesures d'appareils (microphones, récepteurs et organes du poste d'abonné), mesures d'efficacité, de brûlage, d'effet local, de netteté, de durée et à des études sur l'influence de la température, de la pression atmosphérique et de l'humidité sur les transmetteurs, à des recherches sur le charbon du microphone, etc.

Ces installations sont parfois différentes de celles utilisées par l'Administration française ; dans cet article, les auteurs signalent ces différences.

---

(1) Note remise par MM. Malissard et Bonhomet, Commis des Postes et Télégraphes, à la suite d'une mission effectuée à Londres du 18 au 28 avril 1922.

Essais d'efficacité. — Ces essais consistent dans la mesure de l'efficacité des appareils téléphoniques par une méthode de comparaison auditive. L'installation du service d'études de l'Administration française et la méthode employée ont été décrites par MM. Valensi, Ingénieur, et Palhols, Contrôleur (*Annales des P. T. T.*, décembre 1920).

La batterie centrale du Post Office est de 22 volts au lieu de 24.

Au poste d'arrivée du circuit standard le microphone est remplacé par une résistance fixe, non inductive, de 50 ohms. Ce chiffre a été retenu à la suite de nombreux essais effectués avec des résistances différentes ; la courbe ci-contre (fig. 1) donne les résultats moyens de ces essais.

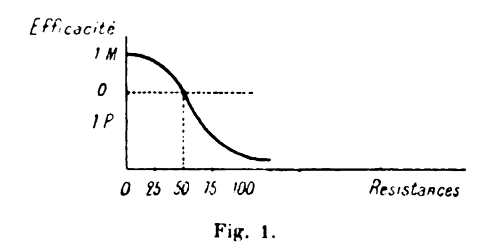


Fig. 1.

En remplaçant le microphone par une résistance nulle on obtient une efficacité moyenne de 1 mile c. s. meilleure ; en faisant varier cette résistance on obtient une courbe de la forme indiquée, coupant la ligne du zéro quand cette résistance est de 50 ohms.

Le remplacement du microphone du poste d'arrivée par une résistance fixe supprime les variations de résistance de ce transmetteur qui, toujours en repos, tend à se tasser, et d'autre part, élimine au poste d'arrivée tout bruit extérieur susceptible de gêner l'écoute.

Le circuit standard du Post Office comporte deux batteries d'alimentation séparées (départ et arrivée). Quoique le mélange par la batterie soit pratiquement négligeable, on a cru prudent de l'éviter dans cette installation de mesures.

Les postes d'abonnés du réseau général du Post Office n'ayant,

comme transmetteurs, que des microphones Solid Back, une équipe de trois opérateurs est suffisante pour obtenir des résultats précis. En France, ou le combiné, malgré ses défauts, est généralement utilisé, six opérateurs sont nécessaires pour établir la valeur moyenne de ce type d'appareil.

Essais de netteté. — Un bon appareil ne doit pas seulement satisfaire à la condition d'émettre ou de recevoir une certaine intensité de sons. Il faut également que ces sons parviennent distinctement pour qu'une bonne conversation puisse avoir lieu. Des essais d'articulation permettent d'établir, par rapport à un appareil étalon, la valeur relative de la netteté des sons transmis ou reçus.

A cet effet des listes de mots ou de syllabes sont dictées à l'appareil à essayer (cas de la netteté à la transmission). Un deuxième opérateur écoute dans un récepteur du poste étalon d'arrivée et écrit sous la dictée. Un nombre égal d'autres listes, contenant les mêmes difficultés phonétiques sont transmises à l'appareil étalon de départ ; elles sont reçues dans le même poste d'arrivée. Après correction, le rapport du pourcentage des mots correctement reçus par rapport à l'ensemble des mots dictés, donne une mesure de la netteté de l'appareil essayé.

A la réception on procède à ces mêmes essais en dictant dans un appareil étalon et en recevant d'abord dans l'appareil à essayer, puis dans l'appareil étalon.

Ces essais sont faits à travers une ligne artificielle d'affaiblissement 3.

Au service d'études du Post Office les mots dictés sont choisis parmi ceux de une ou deux syllabes commençant ou terminant une colonne de journal ; ceux commençant la ligne sont transmis à l'appareil étalon, et ceux la finissant sont dictés à l'appareil à essayer.

Il n'est pas procédé à des essais de netteté sur les récepteurs.

Essais de brûlage. — Ces essais consistent à alimenter un microphone dans toutes ses conditions d'utilisation (batterie cen-

trale d'un réseau urbain de 24 volts, batterie de l'interurbain de 48 volts ; lignes d'abonnés représentées par des résistances différentes ; ligne d'abonné nulle (cas d'un poste installé dans le bureau) ; positions diverses qu'on peut faire prendre à un appareil, en conversation ou au repos.)

Quel que soit l'essai auquel le transmetteur est soumis il ne doit pas *brûler* dans une position normale d'utilisation. Ce brûlage, dû aux petits arcs qui s'amorcent entre les particules de charbon du microphone, est décelé par un léger bruit de friture : Une cabine spéciale, soigneusement feutrée, est affectée à cette catégorie d'essais.

Au service d'études du Post Office, le microphone à essayer (qui est toujours, comme il a été dit, un Solid-Back) est placé sur le circuit standard. La résistance de 300 ohms, représentant la ligne d'abonné, est court-circuitée et on écoute dans le récepteur du poste de départ. On note s'il y a un bruit de friture. Il est procédé à deux essais : le premier, le microphone étant dans la position verticale, le deuxième en inclinant le transmetteur de 25 degrés en arrière.

L'essai de brûlage, dans les conditions ci-dessus, est éliminatoire.

Effet local. — L'effet local est l'effet perçu dans le récepteur d'un poste quand on parle devant le microphone de ce même poste. La personne qui téléphone s'entend ainsi parler et ce bruit, assez intense dans les appareils non munis d'un dispositif *anti-local*, peut devenir très gênant.

Le service d'études de l'Administration française procède à la mesure de l'effet local au moyen d'une installation spéciale, avec un amplificateur à 4 lampes, permettant d'établir pour chaque appareil le rapport entre la puissance reçue à l'écouteur et celle émise par le microphone.

Les essais du Post Office se bornent à une comparaison qualitative avec un appareil étalon :

L'installation d'essai d'efficacité étant montée comme pour l'essai de deux microphones, on écoute avec le récepteur du

poste de départ dans chacune des deux positions. Le résultat se traduit par plus ou moins d'effet local que l'étalon. Le microphone étalon ainsi que le récepteur utilisés ne servent exclusivement qu'à ces mesures d'effet local.

Mesures de résistance. — La résistance d'un microphone variant avec l'intensité du courant, il n'est pas procédé à cette mesure au pont de Wheatstone. Le montage ci-contre (fig. 2) est constitué pour la mesure de cette résistance dans les deux cas d'un microphone en *repos* et en *action*.

La résistance Rh est réglée de manière que l'intensité du courant dans le microphone soit de 25 milliampères (alimentation défavorable). On note la déviation au voltmètre ; on calcule la résistance au repos.

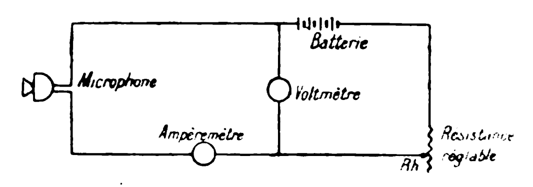


Fig. 2.

On parle ensuite très rapidement devant le transmetteur placé verticalement et on note les nouvelles déviations. (Les opérateurs du Post Office prononcent rapidement, pendant toute la durée de l'essai, les mots utilisés dans les mesures d'efficacité : one, two, three, four, five. Les opérateurs de la Western Electric C° prononcent rapidement le mot : Mary et les opérateurs français les mots : Paris, Bordeaux, Le Mans, Saint-Leu, Léon, Loudun.)

Un deuxième essai est fait en inclinant le microphone de 25 degrés en arrière.

Deux nouveaux essais sont faits avec une intensité de 60 milliampères (alimentation favorable), microphone vertical et incliné de 25 degrés.

Les résultats sont donnés par $R = \frac{U}{I} - Ra$.

Ra étant très faible, on l'élimine pratiquement des calculs.

Ces mêmes mesures peuvent être faites en supprimant la batterie et en alimentant le microphone avec la batterie du circuit standard.

Essais de durée. — Ces essais consistent à faire travailler les appareils de manière à obtenir, dans un temps relativement court, une usure des organes transmetteurs et récepteurs, correspondant à une utilisation nórmale de plusieurs années.

Si on admet, par exemple, qu'un appareil fonctionne 10 minutes par jour, un travail ininterrompu pendant 10 heures, soit 600 minutes, correspond à une utilisation normale de deux mois.

A Dollis Hill, l'installation pour les essais de durée ou de vie des microphones est réalisée comme l'indique la figure 3.

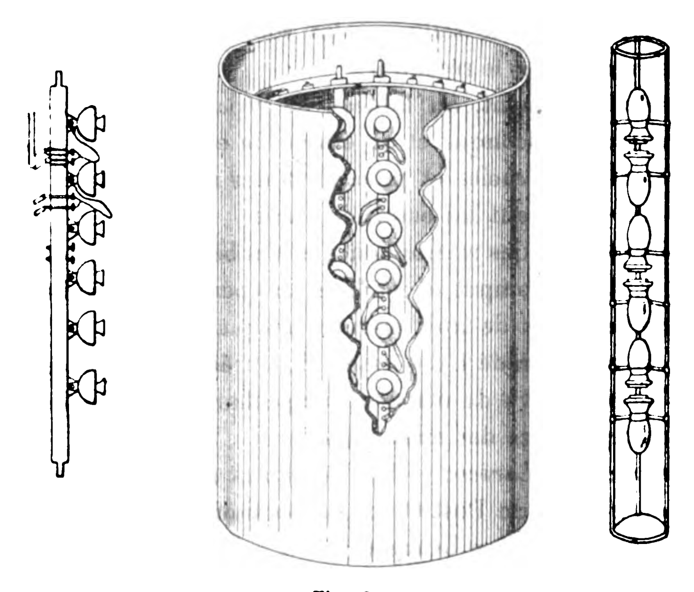


Fig. 3.

Les microphones sont fixés au nombre de six sur une tige métallique, les deux fils de chaque transmetteur reliés à deux bornes communiquant avec deux segments placés sur la tige du côté opposé aux microphones.

Ces tiges sont placées à l'intérieur d'un réservoir cylindrique en tôle épaisse ; les pavillons orientés vers le centre. Le réservoir peut contenir 18 de ces tiges ; seize portent les transmetteurs à essayer, les deux autres servent à placer des étalons de contrôle.

Quand la tige est fixée, les segments de connection des fils du microphone appuient fortement sur deux ressorts-lames placés sur la paroi et isolés d'elle. De ces ressorts partent deux fils aboutissant à un répartiteur.

La source de bruit est produite par une roue phonique à contacts inégaux de longueurs appropriées pour produire des fréquences variant dans les limites de celles de la voix. La roue actionne ainsi des récepteurs haut-parleurs placés au centre de la cuve. Ces récepteurs, au nombre de six, sont accouplés par paire. Dans chaque paire les pavillons sont en regard l'un de l'autre à une distance telle que les sons brisés se répartissent uniformément dans le réservoir.

On peut facilement, au tableau de répartition, renvoyer un transmetteur quelconque et un étalon de contrôle sur l'installation d'essais d'efficacité et procéder à des mesures de comparaison auditive pendant les essais de durée.

L'alimentation des microphones et des haut-parleurs est alternativement interrompue et rétablie. Les périodes d'établissement et de rupture sont de trois minutes chaque.

Il n'est pas procédé à des essais de durée pour les récepteurs.

Il n'est pas prévu de dispositif empêchant, pendant l'essai, le tassement prolongé des microphones.

Phénomène de Larsen. — Les combinés n'étant pas admis sur le réseau général du Post Office, la Section d'Études ne possède pas d'installation pour la mesure de l' « Effet de Larsen ».

Bruits extérieurs. — Il n'est plus actuellement procédé à des mesures de bruit.

Section de vérification. — Indépendamment des services d'études et de recherches, il existe, au Post Office, une section de vérification (test section), pour la réception des appareils fournis à l'Administration anglaise.

Chaque constructeur possède une installation d'essais d'efficacité avec circuit standard conforme à celle du service d'Études. Pour recevoir une commande, une équipe de la « Test section » se rend chez le constructeur et procède, avec des récepteurs et transmetteurs étalons fournis par le service d'Études, à la vérification de tous les appareils.

Une tolérance de 5 miles c. s. pour les microphones et de 2 miles pour les récepteurs est admise, par rapport à la valeur de l'étalon absolu.

Choix d'un étalon. — Pour munir les équipes de vérification d'appareils étalons et pour remplacer ceux qui deviennent défectueux, la section d'études procède à des essais permanents pour le choix de nouveaux étalons de travail.

Le premier essai éliminatoire est le brûlage, le deuxième la comparaison avec un microphone étalon spécial pour la mesure du « side tone », c'est-à-dire de la variation de l'efficacité en fonction de la distance ; le troisième des mesures d'efficacité faites pendant deux mois par comparaison avec les étalons déjà admis (ces mesures servent d'essais de durée). Il est également procédé à des essais de netteté.

Le microphone doit avoir une résistance de moins de 80 w. et, incliné de 25 degrés en arrière, son alimentation ne doit pas être inférieure à 25 milliampères.

Les appareils étalons sont conservés dans une pièce spéciale chauffée ; un régulateur thermique y maintient constante une température de 60 à 65° Fahrenheit.

Câble-étalon. — Le service d'études du Post Office possède des lignes artificielles, souterraines et aériennes, avec ou sans condensateurs et un câble réel étalon.

Ce câble est à 8 paires de fils (20 lb par mile) isolés sous papier, enroulés sur 20 bobines placées à l'air libre. Chaque bobine contient un demi-mile de câble. Il faut donc deux bobines pour un mile. Chaque extrémité des fils d'une paire aboutit à des bornes convenablement disposées dans un tableau de répartition. Ce tableau permet de prendre soit un circuit tra-

versant toutes les bobines, soit les fils en série d'une même paire, ou toute autre combinaison. Lorsque tous les circuits sont mis en série, on dispose d'une longueur totale de 80 miles de câble.

Études et recherches. — Des essais nombreux et méthodiques sont journellement faits sur tous les moyens d'augmenter l'efficacité des appareils. Les postes d'abonnés en Angleterre appartiennent tous à l'Administration anglaise et ces appareils sont réparés ou reconstitués dans des ateliers spéciaux d'après les indications fournies par le Service d'Études.

Quelques-uns de ces essais, entrepris depuis peu, n'ont pu donner encore d'indications précises. Ils portent notamment sur les points suivants :

Influence, sur la réception, de la distance de la membrane du récepteur. — Noyaux feuilletés. — L'expérience montre que la distance la plus favorable est de 0.0135 pouce avec une tolérance en plus ou en moins de 0.001.

Les noyaux feuilletés paraissent préférables aux noyaux pleins, mais les essais n'ont pas encore donné de résultats précis.

L'épaisseur de la membrane, vernie, doit être comprise entre 0,009 et 0,012 pouce.

Tous les récepteurs du Post Office sont du type Bell et les chiffres ci-dessus ne concernent évidemment que ce type.

Étude du cornet du transmetteur Solid-back. — La grille améliore généralement l'efficacité de 1/2 mile c. s. ; elle brise le son et crée une petite chambre de résonance entre cette grille et la membrane. Cette résonance, si elle est favorable à l'efficacité (au volume), nuit généralement à la netteté ; pour éviter l'excès de résonance une fente est pratiquée à la base du cornet. Cette fente laisse échapper à l'extérieur une partie du souffle vocal dont le volume pourrait nuire aux mouvements vibratoires de la membrane.

Certains dispositifs dits hygiéniques ont été placés sur le cornet. Il en résulte parfois que le cornet tout entier forme chambre de résonance, accentuant parfois le volume et nuisant toujours à la netteté.

Influence de la température, de l'humidité, et de la pression atmosphérique. — Les essais se poursuivent et les résultats ne sont pas encore connus. On a remarqué cependant que certains transmetteurs avaient leur efficacité diminuée de 2 à 3 m. c. s. quand ils étaient humides.

Une machine pneumatique permet de faire le vide dans les capsules et d'y mettre ensuite de l'air desséché.

Étude du charbon pour microphones. — Pour la reconstitution des capsules, des essais déterminent la composition du graphite employé. Le charbon est tamisé avec six filtres différents. Six pesées délicates permettent de connaître la composition exacte du mélange contenu dans des microphones d'efficacité différente et servent de base à la constitution du mélange le plus favorable.

Ces expériences peuvent également établir les changements survenus au charbon après un usage prolongé du microphone.

Mesures de la vie du microphone. — Un commutateur tournant mis en série avec une batterie et un récepteur donne des fréquences variant dans les limites de la voix humaine.

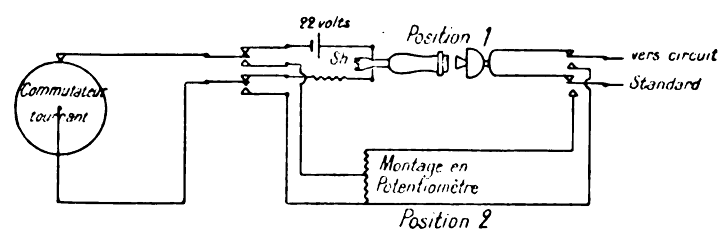


Fig. 4.

Le récepteur est placé devant le microphone du circuit standard ; des organes de commutation permettent de brancher le commutateur tournant à travers un potentiomètre sur le circuit standard comme l'indique la figure 4.

Une comparaison préalable avec un transmetteur électromagnétique a indiqué les variations possibles du récepteur.

Dans la position 1 l'opérateur reçoit les courants téléphoniques du microphone influencé par le récepteur. Dans la position 2, il

écoute le son produit par les variations de l'alimentation du poste standard créées par le commutateur tournant. Il compare et équilibre les deux sons. Le résultat de cette mesure est comparé avec ceux des mesures antérieures du même microphone effectuées dans des conditions différentes de température, de pression atmosphérique et d'humidité, et cette comparaison montre, à conditions égales, les variations d'un transmetteur.

Pour éviter les erreurs de mesures dues aux variations propres du récepteur, le Service d'Études a imaginé de remplacer la source de bruit décrite ci-dessus par une sirène actionnée par une roue phonique (roue de Latour) dont les fréquences sont réglées par un diapason électrique.

Le son obtenu est toujours d'intensité et de hauteur égales.

Avec un galvanomètre sensible aux petits courants alternatifs, de l'ordre des courants téléphoniques, on peut déterminer et la variation des microphones et la valeur de ces variations. L'installation réalisée permet donc dans une certaine mesure de tenir lieu d'étalon absolu de microphone.

Le montage du Post Office est celui de la figure 5.

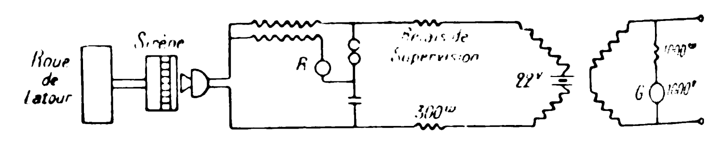


Fig. 5.

Le microphone du poste standard est placé devant la sirène. Sur les deux fils de la ligne du translateur est branché un galvanomètre de 1.000 ohms en série avec une résistance de 1000 ohms.

Les installations de mesures du central téléphonique interurbain de Londres. — L'interurbain de Londres, en plus des cordons d'essais, tables d'observation et installations de mesures ordinaires, possède une installation d'essais d'efficacité, avec circuit standard, pour la mesure des équivalents de transmission des circuits interurbains.

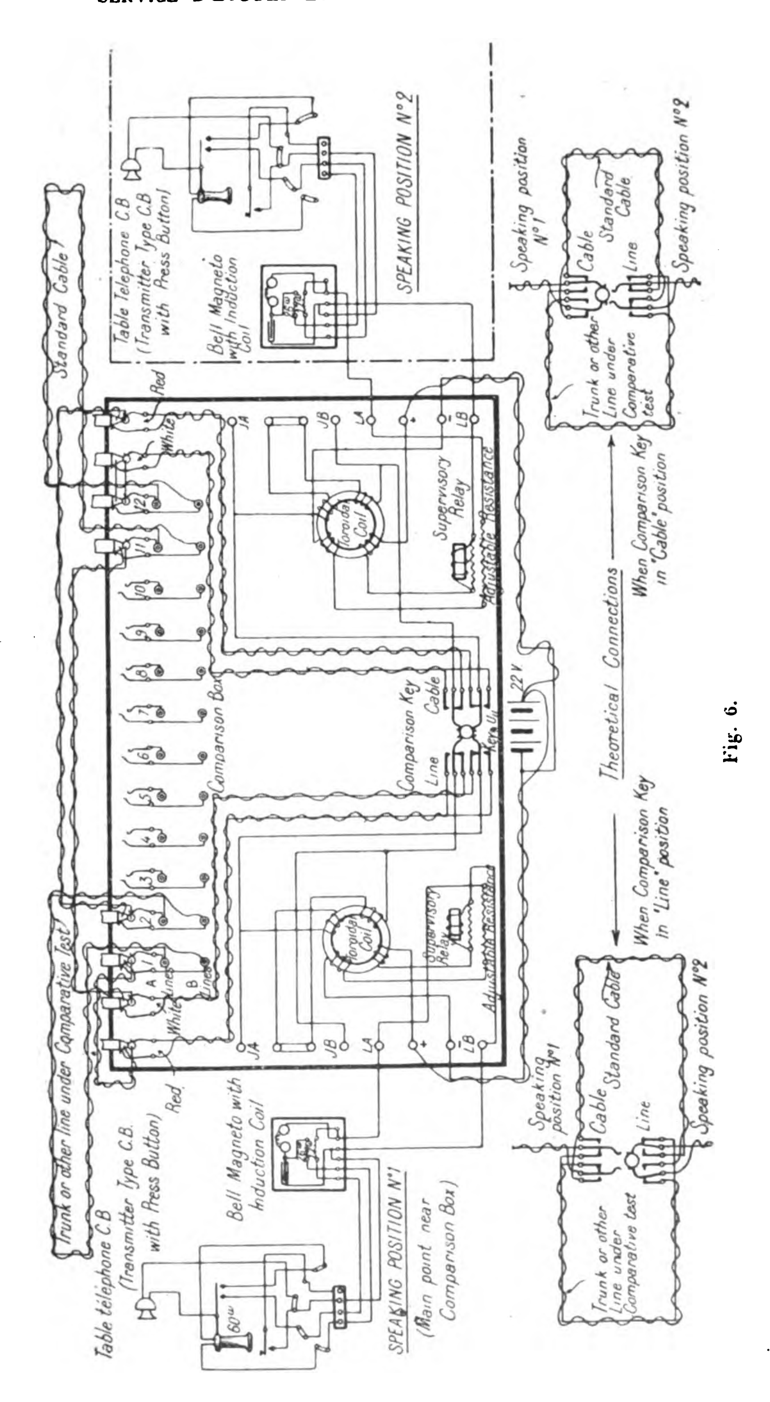

Standard Cable
Table Telephone C.B
(Transmitter Type C.B
with Press Button)
Bell Magneto
with Induction
Coil
SPEAKING POSITION N°2
Red
White
JA
JB
LA
LB
Toroidal
Coil
Supervisory
Relay
Adjustable Resistance
Comparison Box
Comparison Key
Cable
Line
Key
22 V
Trunk or other line under Comparative Test
White
Lines
Red
Table telephone C.B
(Transmitter Type C.B.
with Press Button)
Bell Magneto with
Induction Coil
60w
SPEAKING POSITION N°1
(Main point near
Comparison Box)
Speaking position N°1
Cable
Standard Cable
Line
Speaking position N°2
Trunk or other
Line under
Comparative
test
Theoretical Connections
When Comparison Key
in 'Cable' position
When Comparison Key
in 'Line' position

Fig. 6.

Le schéma ci-contre (fig. 6) montre les connections de cette installation.

Ces essais peuvent être faits avec des lignes artificielles ou un câble réel étalon. Ce câble est posé entre Carter Lane où est situé l'interurbain et le Général Post Office où les circuits sont bouclés.

Le câble est à 300 paires de fils isolés sous papier. La longueur de chaque circuit aller et retour est de un mile.

L'installation permet de comparer, au point de vue de la transmission téléphonique :

1 circuit avec le câble étalon ;

2 circuits entre eux.

Il faut évidemment deux circuits bouclés au bureau d'arrivée pour faire une mesure. Quand on dispose de plus de deux circuits les essais sont faits en comparant alternativement avec deux autres circuits chaque circuit bouclé.

Pour la comparaison des circuits aériens on emploie généralement des boîtes de lignes artificielles sans condensateurs.

Le central interurbain possède également un oscillateur à lampes et une installation de pont à téléphone pour la mesure de l'impédance des circuits. Ces mesures servent à équilibrer les lignes dans la formation des circuits fantômes, et à constituer les lignes artificielles dans les installations de relais téléphoniques qui en comportent.

Grâce à l'excellent accueil de M. le capitaine Cohen et à l'aide précieuse et dévouée de MM. Barnes et Foulger de la Research Section et de M. Hannam Clark du Central interurbain auxquels nous adressons nos vifs remerciements, nous avons pu visiter et voir fonctionner toutes les installations décrites et recueillir tous les renseignements rapportés.

COMITÉ TECHNIQUE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES.

Détérioration de câbles souterrains.

Des câbles souterrains sont parfois détériorés par actions chimiques ; deux cas particulièrement curieux viennent d'être signalés, l'un à Vitry-le-François, l'autre à Gaillac.

A Vitry-le-François, les câbles étaient placés dans une conduite unitaire en grès. Sur une assez grande longueur, ils ont été détériorés par infiltration dans la conduite de matières organiques, provenant vraisemblablement d'une fosse d'aisance.

Pour éviter le retour de pareils accidents, le Comité technique a émis l'avis qu'il convient de favoriser l'écoulement des eaux en donnant une pente légère et uniforme aux conduites où des infiltrations peuvent se produire et en plaçant aux points bas de ces conduites, des puisards pouvant évacuer les eaux d'infiltration.

A Gaillac, les conditions étaient complètement différentes : les câbles détériorés étaient posés en pleine terre dans les rues de la ville ou l'on pratique le système du « tout au ruisseau ». Les constatations faites sur place ont montré qu'il existait une différence de potentiel de $0^v,1$ entre l'enveloppe de plomb du câble et une conduite de gaz en fonte parallèle aux câbles et à peu de distance de ceux-ci. L'analyse chimique du métal attaqué et du terrain dans lequel il est placé à montré qu'il y a effectivement dans le sol des matières organiques qui ont pu produire l'attaque du plomb du câble. On aurait pu penser que l'attaque a été activée par la formation d'un couple de pile fer-plomb. Mais la force électromotrice de $0^v 1$ est bien faible et, surtout, le plomb était positif par rapport à la conduite de fonte, alors que, dans une pile, c'est toujours le pôle négatif qui est attaqué.

Comment le plomb qui résiste à l'action d'acides forts comme l'acide sulfurique peut-il être attaqué par les matières organiques ? En réalité, le processus de l'action chimique est assez compliqué. Les matières organiques contiennent presque toujours de l'urée Co (Az H^2) ^{2}, qui, sous l'action d'un ferment spécial, se transforme en carbonate d'ammoniaque CO^3 (Az H^4)^2. Les matières ammonicales à leur tour s'oxydent, donnant des nitrites, puis des nitrates sous l'action des ferments nitreux et nitriques. Ce sont ces sels qui attaquent le plomb.

Le Comité a émis l'avis qu'il convient d'employer des câbles armés recouverts d'une enveloppe isolante appliquée en usine. Une telle enveloppe est suffisamment adhérente pour protéger le câble contre l'action chimique du terrain environnant, à l'inverse de ce qui se produit avec les isolants appliqués sur place, et d'autre part, s'il y a eu formation d'un couple de pile, la présence d'une électrode en fer au lieu de l'électrode de plomb supprimera ce couple.

Nouveaux procédés de galvanisation.

Les pièces de fer employées dans la construction des lignes aériennes sont galvanisées, de manière à être préservées de la rouille dans la mesure du possible ; cette opération est faite en usine avant la réception des pièces par l'administration.

Les procédés de galvanisation utilisés jusqu'à ce jour étaient la galvanisation au bain et la galvanisation électrolytique. L'administration des Postes et Télégraphes n'a d'ailleurs jamais imposé l'un ou l'autre procédé : on se borne à vérifier que la couche de zinc est appliquée d'une manière satisfaisante.

Depuis plusieurs années, les métallurgistes étudient de nouveaux procédés de galvanisation. Vers 1916 un procédé, connu sous le nom de shérardisation, du nom de son inventeur Sherard, a eu une certaine vogue, au moins dans les articles de revues techniques, car, si son principe est intéressant, les résultats qu'il a donnés sont trop irréguliers pour permettre des applications industrielles. Les objets à galvaniser sont placés dans un réci-

pient contenant de la poudre de zinc ; le tout est chauffé à une température assez élevée ; le zinc se volatilise et vient se déposer sur les pièces métalliques.

Un nouveau procédé présenté par les établissements Eloc, de Levallois-Perret, vient d'être examiné par le Comité technique : ce procédé donne des résultats beaucoup plus réguliers que la shérardisation, dont il est d'ailleurs un perfectionnement.

Un essai de brides galvanisées par ce nouveau procédé, a donné de bons résultats, après deux ans et demi de service en ligne, ces brides se sont bien comportées aux essais qui ont été faits par le service de la Vérification du Matériel.

En conséquence, le Comité technique a admis que ce nouveau procédé peut être employé pour la galvanisation du matériel des lignes aériennes, concurremment avec les procédés déjà utilisés.

Scellement des isolateurs.

Les isolateurs actuellement employés dans la construction des lignes télégraphiques et téléphoniques sont à double cloche. Or, il arrive souvent que le personnel chargé du scellement des isolateurs remplit de plâtre la cloche intérieure ; cette manière de faire revient à supprimer la deuxième cloche et contribue à diminuer l'isolement des lignes d'une manière importante.

Le Comité technique a émis le vœu que l'attention des services soit attirée sur l'intérêt qu'il y a, au point de vue du bon isolement des lignes, à effectuer correctement le scellement des isolateurs en laissant libre de plâtre la cloche intérieure.

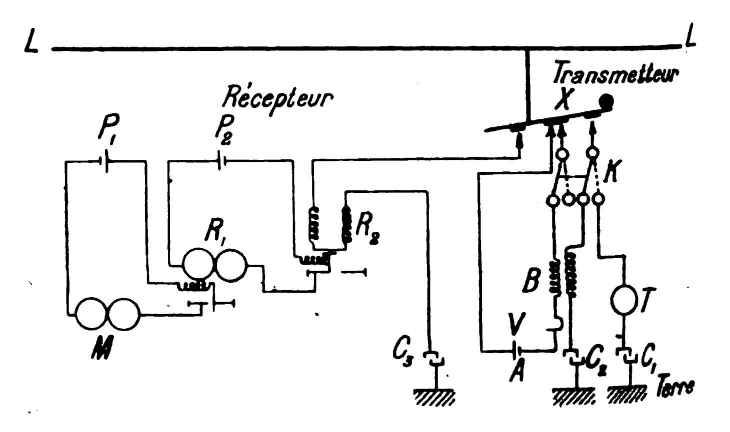


REVUE DES PERIODIQUES.

Périodiques en langue française, par M. TAFFIN, Directeur des Postes et Télégraphes. — Périodiques en langues étrangères, par MM. CAUCHIE, Inspecteur des Postes et Télégraphes, et LAVOIGNAT, contrôleur des Postes et Télégraphes.

PÉRIODIQUES EN LANGUE FRANÇAISE

Exploitation de lignes télégraphiques voisines de lignes à courants forts (*Génie civil* : 1922, n° 8). — Un dispositif, inventé par trois agents des chemins de fer italiens, permet d'exploiter sans troubles les lignes télégraphiques voisines de lignes à courants forts. On utilise, pour la transmission, du courant alternatif de fréquence élevée par rapport à celle du courant perturbateur, et l'on prend comme récepteur un ensemble d'organes en résonance avec cette fréquence élevée, mais insensibles aux courants de fréquence moindre ; cet ensemble comprend une inductance et une capacité en série.



Le schéma ci-dessus montre l'installation d'un poste Morse. Comme dans une installation ordinaire, le manipulateur X met la

ligne L en relation tantôt avec le récepteur, tantôt avec la source du courant. Celle-ci est, en marche normale, un transformateur Spinelli T, recevant du courant industriel triphasé à 50 périodes, et produisant du courant à 150 périodes ; en cas de défaillance de l'usine, un commutateur K permet d'employer une autre source de courant : un accumulateur A actionne un vibrateur V et produit, dans le secondaire d'une bobine d'induction B, un courant alternatif de fréquence élevée.

Le récepteur comporte deux piles P_1 et P_2, et deux relais R_1 et R_2, le second polarisé. Le morse M est intercalé dans le circuit de la pile P_2 que commande l'armature du relais R_1, tandis que le circuit R_1, est lui-même sous la dépendance de l'armature vibrante de R_2.

L'installation d'essai, sur la ligne de Turin à Barge par Torre Pellice, électrifiée en triphasé à 3.600 volts et 16 2/3 périodes, comprend 35 postes. Mise en service en novembre 1921, elle a donné, paraît-il, d'excellents résultats.

PÉRIODIQUES EN LANGUES ÉTRANGÈRES

Un fréquencemètre mécanique utilisable en téléphonie (*Journal of the Franklin Institute* : septembre 1921). — Dans le numéro de mai 1919 du *Journal of the Franklin Institute*, le Dr L. V. King a décrit un type de fréquencemètre mécanique auquel il a donné le nom de « sonomètre ». La figure 1 représente cet appareil : le fil fin en acier A' C B est fixé à la partie supérieure du cathétomètre ; l'autre extrémité est soudée à un poids connu W + W. Le fil est tendu en avant d'un électroaimant téléphonique T excité par le courant alternatif dont il s'agit de mesurer la fréquence. On règle la position de la pièce biseautée C jusqu'à ce qu'il y ait résonance entre l'électro excité T et le fil d'acier B C. La fréquence du courant excitateur est donnée par la formule :

$$f = \frac{l}{2\,l}\sqrt{\frac{T}{m}} \text{ périodes par seconde,}$$

où T représente la tension totale sur le fil (en dynes), *m*, la masse

linéaire (en gr./cm.) du fil uniforme et l, la longueur (en cm.) du segment vibrant B C.

Description du fréquencemètre.

L'appareil de laboratoire que nous allons décrire est un sonomètre King perfectionné par les services techniques du « Massachusetts Institute of Technology ». Dans le sonomètre King, la masse linéaire du fil (masse par unité de longueur) était de 1,373 gr./cm. et l'échelle des fréquences utiles comprise entre 360 et 1.600 périodes/seconde.

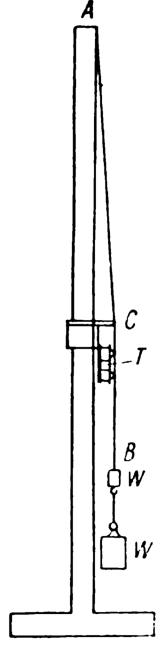


Fig. 1.

Le fil en acier argenté de l'appareil de King modifié avait été fourni par la « National Musical C° » de New Brunswick ; son diamètre était de 0 mm 350 ; plusieurs mesures micrométriques avaient permis de constater que son calibre était uniforme sur toute la longueur. Sa masse linéaire fut calculée à trois reprises ; on a trouvé chaque fois qu'elle était égale à 7,585 gr./cm.

En faisant varier la longueur C B de 3 à 60 centimètres, on peut parcourir une gamme de fréquences comprise entre 250 et 2.500 périodes par seconde, c'est-à-dire l'intervalle téléphonique.

La barre rectangulaire C D en laiton (fig. 2), haute de 60 cm., large de 2 cm 1/2 et épaisse de 0 cm 83, est graduée en millimètres. Elle est supportée par un plateau circulaire en laiton ayant un diamètre de 25 cm. et une épaisseur de 6 mm 4. Le plateau est supporté à son tour par trois vis calantes ordinaires en laiton qui passent dans trois oreilles situées sur le pourtour du plateau. La barre est soudée à un petit disque en laiton de 55 mm sur 6 mm 4, vissé sur le plateau. Celui-ci supporte en outre une tige verticale E en laiton le long de laquelle on peut faire glisser le téléphone T, renfermé dans une boîte en bois qui normalement est à égale distance des pièces biseautées A et B (fig. 2). Pratiquement, il n'est pas nécessaire de déplacer le téléphone T; il pourra

donc être fixe lorsqu'à l'avenir on construira un fréquencemètre de ce genre.

Un engrenage à crémaillère, fixé au cadre du téléphone T, permet de faire varier à volonté la distance horizontale qui sépare les pôles de l'électroaimant du fil vertical. Le couvercle et le diaphragme du téléphone ont été préalablement enlevés. Deux fentes

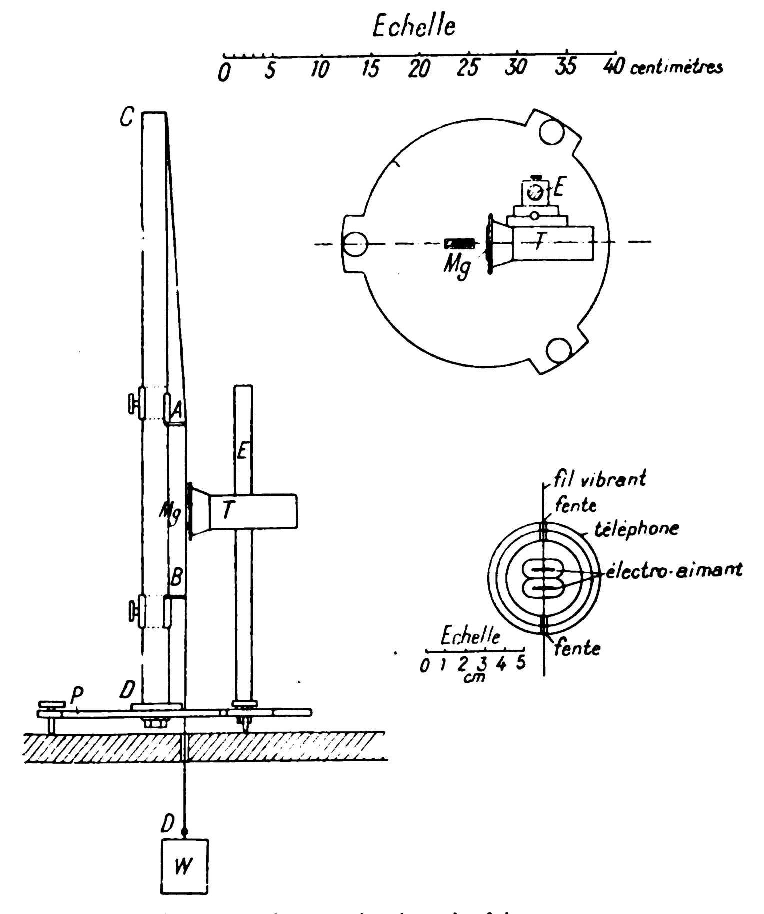


Fig. 2. — Mesure mécanique des fréquences.

pratiquées en haut et en bas du boîtier permettent de rapprocher les pôles et le fil autant qu'il est nécessaire. On peut, comme dans le cas du sonomètre King, supprimer le boîtier ; toutefois, il vaut mieux le conserver, car il sert à protéger l'électroaimant contre

tout choc extérieur. Les pôles doivent être placés horizontalement comme l'indique la figure 2 ; plusieurs essais ont prouvé que cette position par rapport au fil était de toutes la plus convenable. Le fil vertical en acier tend à fermer le circuit magnétique du téléphone exactement comme le ferait une lanière taillée au centre d'un diaphragme ordinaire. Pour que le fil puisse vibrer librement, la distance entre les pôles et le fil doit être de l'ordre de 2 mm 1/2 lorsqu'à de basses fréquences on opère sur de longs segments vibrants; mais dans le cas de hautes fréquences, avec des segments très courts, on peut abaisser la distance à 1/2 mm., et même la réduire encore davantage au besoin.

La pièce biseautée en laiton B est mobile par simple glissement le long de la barre verticale ; une vis d'arrêt sert à la maintenir en place. La pièce biseautée supérieure A, conditionnée comme B, est en outre munie d'un vernier à engrenage à crémaillère (voy. fig. 3). La vis du vernier permet d'effectuer sans difficulté le réglage de la longueur du fil vibrant à un dixième de millimètre près. Pour faciliter la lecture des divisions de l'échelle millimétrique, on a placé arbitrairement le zéro à environ 20 centimètres du pied. Les divisions de l'échelle s'étendent de part et d'autre du zéro, de sorte que la longueur totale du segment vibrant est toujours égale à la somme numérique des lectures faites contre les deux pièces biseautées. Si l'on n'adopte pas cette disposition, il faudra retrancher le chiffre en regard de la pièce biseautée inférieure de celui lu en regard de la pièce supérieure.

Le fil d'acier passe librement dans deux trous pratiqués, l'un dans le plateau inférieur, l'autre dans la table. Les poids W et W' sont suspendus au fil sous la table dans la forme ordinaire.

Mode d'emploi.

Le téléphone T est relié à la source du courant alternatif à mesurer (fig. 2). Le téléphone dont on s'est servi est un appareil étalon de la « Western Electric » ayant une résistance en courant continu de 86 ohms. A la fréquence de 2.000 ∿, une tension de 5 volts (valeur efficace) appliquée aux bornes du téléphone produisait un

courant de 8,75 milliampères, représentant une impédance d'environ 570 ohms dans le récepteur.

Pour se faire une idée approximative de la fréquence à mesurer, il est bon de placer le diaphragme sur le récepteur pour noter la

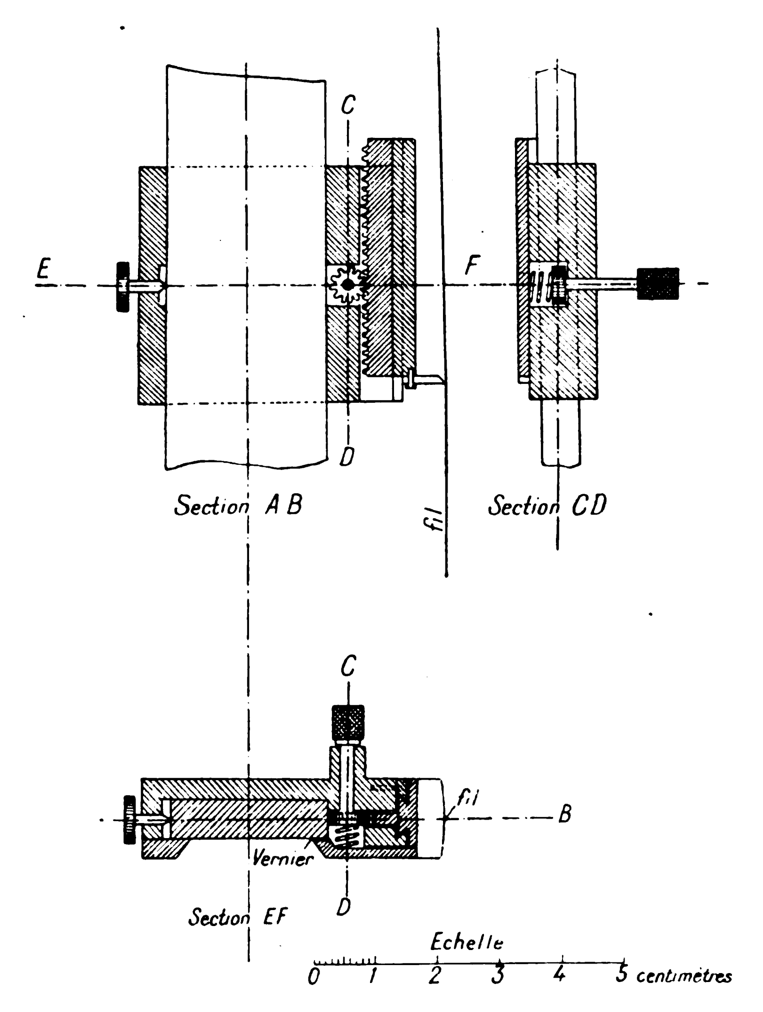


Fig. 3. — Détails de la pièce biseautée supérieure.

hauteur du son émis. Ce faisant, on s'assure également que le récepteur est en état de fonctionner. L'oreille permet d'évaluer grosso modo la fréquence. En se reportant à la fiche d'étalonnage de l'ap-

pareil, on voit, pour un poids W donné, à quelle distance les deux pièces biseautées A et B doivent être placées l'une par rapport à l'autre. Si la fréquence est peu élevée (500 ∿ par exemple), la distance A B sera nécessairement grande (10 cm. au moins avec 900 grammes) ; aussitôt que la distance correcte A B est déterminée, on trouve facilement la syntonie mécanique soit en pinçant le fil de manière à ce qu'il forme un ventre de vibration, soit aussi bien d'après le son émis. La fiche d'étalonnage permet de trouver de suite la fréquence quand on connaît le poids W et la distance A B.

Lorsque la fréquence à mesurer est notablement supérieure à 500 périodes, il faut réduire la distance A B. Ainsi, à 2.500 ∿, avec un poids total de 5 kg. 400, cette distance sera de 52 ^{mm} 1/2. En pareil cas, il faut rapprocher les pôles du récepteur T très près du fil et l'amplitude de la vibration de résonance est faible. Dans une salle silencieuse, on peut trouver encore le point de résonance *au son*, mais il peut arriver qu'on ne se rende pas bien compte de l'amplitude de la vibration ; cela dépendra de l'excitation du récepteur téléphonique. Dans une pièce bruyante, il peut être nécessaire de recourir à un dispositif indicateur auxiliaire ; il est souvent préférable de s'en servir même lorsque les conditions dans lesquelles les mesures ont lieu, sont très favorables.

Dispositif auxiliaire.

Plusieurs indicateurs de résonance mécanique ont été mis à l'essai. Un dispositif très satisfaisant consiste en un bouton de contact de microphone à charbon qui touche légèrement le fil en dessous de la pièce biseautée B, c'est-à-dire en dehors du segment principal vibrant. Au moyen d'une batterie locale de 4 volts, on fait passer à travers le bouton et un serre-tête simple un courant de sens unique de quelques milliampères. Cependant, on voit sur la figure 2 un récepteur téléphonique R. Le récepteur auxiliaire R reproduit dans l'oreille de l'observateur le son émis par le récepteur excitateur T. Lorsqu'en réglant convenablement la distance A B on a obtenu la résonance mécanique, le téléphone auxiliaire rend un son intense facile à reconnaître ; de telle sorte qu'il suffit d'augmenter lente-

ment la distance A B, en partant du zéro (ou position de coïncidence de A et de B), pour constater la syntonie dans le récepteur auxiliaire R. Le bouton microphonique est fixé à l'extrémité d'un ressort à boudin très flexible lequel à son tour est serré dans un bloc en bois fixé sur la tige verticale en laiton E. Le contact entre le bouton et le fil est normalement si léger que la tension du fil n'en est pas sensiblement affectée.

Étalonnage du fréquencemètre.

L'appareil a été étalonné de deux façons : 1° en mesurant la vitesse de rotation de l'alternateur qui fournissait la fréquence téléphonique ; 2° en mesurant, à l'aide d'un pont électrique, la fréquence appliquée au téléphone T.

Un diapason stroboscopique (actionné électriquement monté en avant d'un disque protecteur fixé au rotor de l'alternateur produisait la fréquence à mesurer. Deux poulies et des poids glissants permettaient de régler les vibrations et la fréquence du diapason avec une approximation d'environ 10 °/₀. On vérifiait l'étalonnage du diapason au moyen d'enregistreurs de vitesse. La figure 4 représente un schéma d'étalonnage sur papier logarithmique : les fréquences sont portées en ordonnées, les distances A B en abscisses, pour cinq poids différents. Les lignes calculées d'après la formule :

$$f = \frac{1798}{l} \sqrt{W} \text{ périodes/seconde}$$

(où l représente la distance entre les pièces A et B exprimée en millimètres et W le poids extenseur en grammes) sont cinq parallèles. Les résultats obtenus lors de l'étalonnage réel concordaient sensiblement avec ceux tirés des calculs ; à vrai dire, les lignes obtenues pratiquement étaient légèrement décalées tantôt à droite, tantôt à gauche des lignes obtenues d'après la formule ci-dessus. Lorsque la distance A B est courte et les fréquences très élevées, il faut des poids plus lourds ; au contraire, il faut des poids moins lourds pour les basses fréquences. Par conséquent, en supposant le poids convenablement choisi, on peut lire la fréquence directement sur la ligne droite correspondante de la figure 4.

Précision.

Ainsi que le Dr King l'a déclaré, l'instrument est tellement sensible qu'on peut ajuster à 1/10 de millimètre près l'ensemble des deux pièces biseautées A et B. Si la distance A B est de 10 cm. par exemple, la fréquence sera mesurée à 1 millième près. Toutefois, il

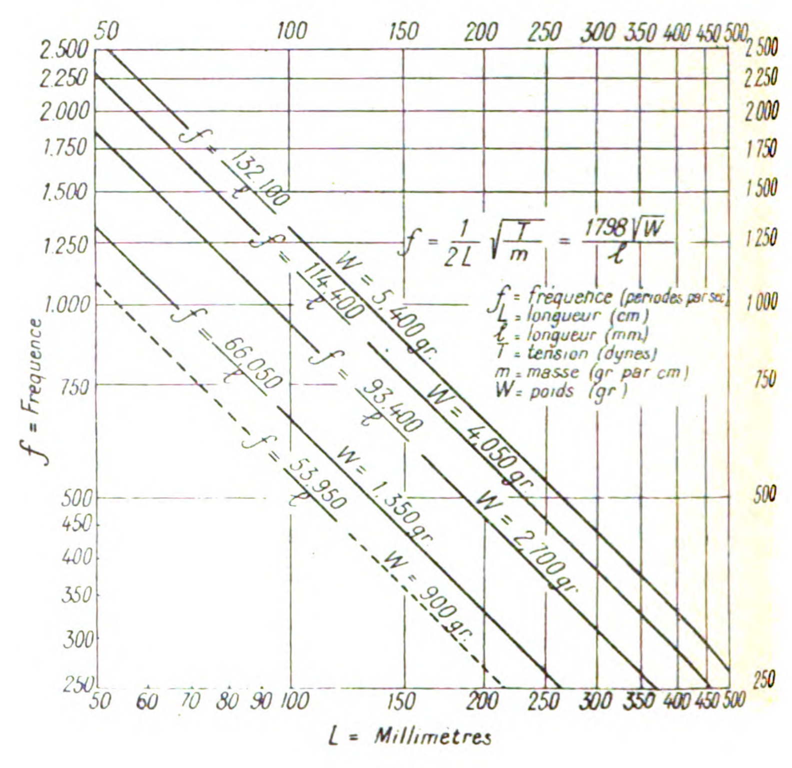


Fig. 4.

convient de reconnaître qu'en pratique, la précision est moindre par suite de certains défauts de l'appareil ; avec des poids nettement favorables, la différence réelle est parfois de 1 1/2 %, soit une erreur 15 fois plus forte que celle prévue en réglant la longueur. Il semble bien que l'*erreur de lecture* (ainsi qu'on l'appelle généralement) soit faible et dépasse rarement 2 ou 3 pour mille ; avec des poids convenables, les *erreurs systématiques*, dues aux défauts de

construction, peuvent atteindre 10 à 15 pour mille (1 à 1,5 %) ; si les poids sont mal choisis, les erreurs peuvent être encore plus considérables.

On admet que les erreurs systématiques dont il est question ici sont dues à ce que les nœuds ne se produisent pas exactement sur la tranche du biseau des pièces A et B ; ce qui revient à dire que si les nœuds se produisaient bien sur les biseaux, les erreurs systématiques cesseraient de se produire. Il conviendrait de poursuivre expérimentalement l'élimination de ces erreurs en vue d'accroître le degré de précision du fréquencemètre.

Avantages de l'appareil.

1) L'appareil est de construction facile. Sous la forme que nous venons de voir, il n'est pas très portatif, mais il ne se dérègle pas facilement et il convient très bien pour les laboratoires téléphoniques ;

2) Les mesures de fréquence peuvent être faites en un temps très court ;

3) La dépense d'énergie est insignifiante ;

4) On a reconnu pratiquement que la forme de l'onde des courants à mesurer était sans effet appréciable sur les résultats des mesures :

5) L'appareil permet de couvrir 10 échelons de 250 ∽ chacun.

Inconvénients de l'appareil.

1) En raison du nombre (qui peut être élevé) des nœuds de vibration d'un monocorde, il faut prendre de grandes précautions pour mesurer la fréquence fondamentale et ne pas se laisser tromper par les harmoniques mécaniques ;

2) Suivant la fréquence à mesurer, il faudra utiliser des poids convenables. Voici quels étaient les poids pour l'appareil décrit ci-dessus :



Fréquences (périodes/seconde).	Poids reconnus les plus convenables
de 250 à 500	900 grammes.
de 500 à 750	1350 —
de 750 à 1250	2700 —
de 1250 à 1750	4050 —

Lorsqu'il s'agit d'étalonner un appareil de ce genre, il est facile de trouver expérimentalement quels poids conviennent le mieux.

La radiotéléphonie sur trains en marche n'est pas encore commerciale (*Telegraph and Telephone Age* : juin 1922). — Les directeurs de plusieurs compagnies de chemins de fer des États-Unis étudient le problème de l'organisation d'un service radiotéléphonique sur leurs réseaux. Actuellement, il y a beaucoup à dire pour ou contre l'organisation de ce service. Il n'existe pas deux réseaux se trouvant dans des conditions topographiques analogues. D'après plusieurs expériences récentes, il semble que l'intensité des signaux à l'arrivée varie beaucoup d'après l'itinéraire suivi par la voie ferrée. Lorsque le train franchit une courbe très prononcée, lorsqu'il passe dans une vallée très encaissée ou lorsqu'il circule sous un tunnel, il se produit des variations subites d'intensité sonore, auxquelles il faut remédier. Le service en question doit donner entière satisfaction aux voyageurs, faute de quoi les compagnies s'attireront des critiques. C'est pourquoi plusieurs compagnies ont décidé de rester dans l'expectative. Elles considèrent qu'il est préférable de ne pas installer d'appareils du tout plutôt que d'avoir à les enlever après qu'elles auraient annoncé à tous les échos les avantages que les voyageurs seraient en droit d'en attendre.

Dégâts occasionnés par les tempêtes de neige en Amérique (*Telegraph and Telephone Age :* juin 1922). — Le 10 avril 1922, une violente tempête de neige a sévi dans la région sud-ouest de l'état de Minnesota et dans l'état de Nébraska (États-Unis) ; 21.200 poteaux, supportant 43.000 kilomètres de fil, furent renversés ou se brisèrent sous le poids du givre ; de ce fait, 71 cen-

traux de la « Bell » se trouvèrent isolés. Les télégraphes, les chemins de fer, comme les téléphones, ont subi des pertes considérables. On évalue les dommages causés à plus de deux millions de dollars. Trois semaines auparavant une tempête semblable s'était déjà abattue sur la même région.

Les langues étrangères obligatoires pour les fonctionnaires des postes allemands (*Archiv für P. u. T. :* février 1922). — L'administration allemande exige des candidats aux emplois supérieurs, à partir du grade de secrétaire, la connaissance d'une langue étrangère au moins.

Un fonctionnaire de la Direction Supérieure de Dresde a publié l'an dernier la première partie d'un traité de langue française à l'usage des futurs candidats qui auront choisi le français comme « langue auxiliaire » : ils y trouvent les termes de métier qui font toujours défaut dans les manuels scolaires et peuvent, sans le secours d'un professeur, se familiariser avec le style administratif particulier aux correspondances de service échangées entre offices étrangers.

Emploi des circuits à haute tension pour la propagation des informations (*Electrical World :* mai 1922). — Il s'agit d'une nouvelle application des ondes radioélectriques guidées, préconisée par le général O. Squier. En effet, les nombreuses lignes des compagnies électriques sillonnent tout le pays et atteignent les fermes les plus écartées. Étant donnée la vogue actuelle de la téléphonie sans fil, il n'est pas douteux que la transmission par courant porteur sera, dans certains cas, d'une grande commodité. Des essais préliminaires satisfaisants ont eu lieu à Chicago sur un câble de 16 km. avec une énergie de 50 watts au départ.

On sait que l'érection des antennes constitue l'une des plus grosses difficultés de la construction des postes récepteurs. Cette difficulté ne fera que croître au fur et à mesure que les postes se multiplieront. Avec le système préconisé, il suffit de relier l'appareil récepteur à la douille d'une lampe électrique, à travers un petit condensateur.

Le général Squier envisage aussi le jour où l'amateur pourra alimenter directement sur le réseau électrique les tubes à vide de son poste ; ainsi disparaîtra l'inconvénient qui résulte de la charge des batteries d'accumulateurs.

Les compagnies de distribution d'énergie ou de lumière pourront transmettre elles-mêmes les renseignements et les productions artistiques, ou les retransmettre après les avoir reçues d'une station émettrice. Le système envisagé possède enfin l'avantage de réduire les risques de brouillage : les ondes suivent les fils, le champ de l'éther est donc libre pour toutes les autres communications radioélectriques.

Dangers occasionnés par les installations d'amateurs (*Electrical World :* mai 1922). — Une compagnie d'éclairage électrique vient de demander aux autorités municipales de vouloir bien faire inspecter les postes radiotéléphoniques d'amateurs en vue d'écarter les dangers résultant de ce que les fils d'antenne viennent parfois en contact avec les conducteurs de distribution, d'alimentation ou avec les lignes téléphoniques. La compagnie avait dû faire enlever 489 antennes qui prenaient appui sur les poteaux supportant les fils à haute tension ; la plupart de ces antennes avaient été remises en place après le passage des agents de la compagnie et de façon si maladroite que, parfois, elles frottaient contre les isolateurs supportant les fils du primaire, ou bien étaient posées très près des fils à haute tension.

Études expérimentales sur les récepteurs téléphoniques (1) (H. Carsten, *Physik Zeitschrift :* septembre 1921). — Cet article renferme une analyse mathématique du fonctionnement du récepteur téléphonique, faite spécialement dans le but de faciliter le calcul expérimental des propriétés essentielles des récepteurs. L'auteur rappelle les équations différentielles connues qui se rapportent aux phénomènes mécaniques et électriques ; ensuite, il en déduit x, qui représente l'amplitude de vibration du dia-

(1) Compte rendu extrait de la revue « *Science Abstracts* », n° 292 (1922).

phragme. Puis, il montre comment on peut calculer les pertes en mesurant l'impédance à diverses fréquences, le courant étant considéré comme constant ; il indique une méthode qui permet de décomposer en pertes par hystérésis et en pertes par courants de Foucault, les pertes qui se produisent dans le fer. Des courbes, tracées avec les valeurs trouvées expérimentalement, illustrent l'article, et, d'ailleurs, concordent avec les valeurs obtenues par le calcul. L'article se termine par un schéma des connexions des circuits en pont utilisés pour effectuer les mesures.

La Station « Radio Central » de New York (1) (*Radio Review :* janvier 1922). — Cet article donne une description sommaire de la station de T. S. F. installée à Port Jefferson (Long Island) par la Radio Corporation d'Amérique. New York et Port Jefferson sont à 115 kilomètres l'un de l'autre. Lorsque l'installation sera terminée, la station « Radio Central » comprendra 12 antennes rayonnant à partir d'un centre commun. Deux sont déjà construites, qui sont supportées chacune par 6 pylônes de 125 mètres espacés de 480 mètres. Les traverses, montées en haut des pylônes, ont une longueur de 45 mètres. Chaque antenne, du type multiple accordé Alexanderson, est mise à la terre en plusieurs points, à travers des bobines de résonance. La première section de la centrale comprend deux alternateurs H. F. de 200 kilowatts avec tous les organes accessoires. Chacun des alternateurs assure un débit constant de 200 KW pour toutes les longueurs d'onde comprises entre 15.800 et 20.000 mètres. L'installation comprendra finalement 10 alternateurs de ce genre. La station réceptrice est située à Riverhead (Long Island), à 25 kilomètres environ de la station émettrice ; elle est équipée pour recevoir simultanément de tous les pays avec lesquels Port Jefferson peut communiquer en même temps. Le bureau central du trafic est installé à New York même ; il est pourvu d'appareils de commande à distance qui lui permettent d'actionner directement les transmetteurs de la station de Port Jefferson. Les

(1) Compte rendu extrait de la revue : « *Science Abstracts* », n° 292 (1922).



signaux reçus à Riverhead sont retransmis automatiquement à New York sur des lignes terrestres. Au Central de New York, les signaux sont lus au son ou reçus sur des enregistreurs automatiques.

Rendement du téléphone considéré comme moteur

(H. Hecht, *Zeit. techn. Physik* (n° 3), 1922). — Le téléphone est un moteur électrique qui débite de l'énergie mécanique sous forme d'oscillations. Si l'on veut perfectionner le téléphone, il faut en premier lieu augmenter son efficacité, c'est-à-dire rendre plus parfaite la transformation de l'énergie. En collaboration avec Hahnemann, M. Hecht a mesuré l'efficacité maxima pour la transmission des sons sous l'eau, et il a trouvé une théorie des oscillations électromagnétiques qui présente une grande utilité technique et pratique, et qui est appelée à influer sur la construction des téléphones du type usuel. La théorie a d'abord été appliquée aux appareils monophoniques. L'appareil à fréquence unique ne reçoit pas facilement les autres fréquences ni les bruits parasites, et, pour que les signaux Morse soient nets et précis, il est nécessaire que l'affaiblissement ne soit pas inférieur à 0,25 environ. Ainsi, chaque période contient seulement la moitié de l'énergie de la période précédente. Cet affaiblissement est encore nécessaire pour que les variations dans la fréquence du microphone ne produisent pas des changements brusques dans l'intensité du son reçu lorsqu'on est loin du point de résonance. Avec un affaiblissement de 0,25, l'intensité sonore est réduite de moitié lorsque la fréquence au départ s'élève ou s'abaisse de 4 °/₀. Il est facile de maintenir dans cette limite les variations de la vitesse. L'efficacité d'un téléphone a pour expression le rapport entre l'énergie acoustique et l'énergie électrique initiale. Cette efficacité est fonction de deux facteurs, à savoir : 1° l'efficacité électromécanique, c'est-à-dire le pourcentage d'énergie électrique transformée en énergie mécanique oscillante ; 2° l'efficacité mécanico-acoustique, c'est-à-dire la mesure de la transformation de l'énergie mécanique en énergie acoustique. Jusqu'ici, pour les téléphones employés sous l'eau, le rapport entre l'efficacité mécanique et l'efficacité électrique est égal à 0,1 environ ; le rapport entre

l'efficacité acoustique et l'efficacité mécanique est égal à 0,4 environ, c'est-à-dire que l'efficacité totale est égale à 0,04. L'affaiblissement est donc beaucoup plus grand que celui mentionné plus haut (0,4 environ). En examinant les chiffres ci-dessus, on voit qu'on ne peut accroître réellement l'efficacité jugée insuffisante qu'en agissant sur le premier facteur. Lors de la transformation de l'énergie électrique en énergie mécanico-acoustique il se produit deux sortes de pertes, à savoir : les pertes dans le fer et les pertes dans le cuivre. Dans les téléphones ordinaires, ces pertes sont sensiblement égales. Pour obtenir une amélioration appréciable, il faut réduire en même temps les unes et les autres. En utilisant des bobines plus grosses à noyau en poudre de fer agglomérée, on peut se servir de fil d'un plus grand diamètre et faire passer l'efficacité mécanico-électrique de 0,1 à 0,7. En choisissant convenablement le diaphragme et la forme du boîtier, l'efficacité acoustico-mécanique a pu être relevée de 0,4 à 0,6, de sorte que l'efficacité totale est passée à 0,4 ($0,7 \times 0,6$). Ainsi, le nouvel appareil reçoit 40 °/₀ de l'énergie appliquée au départ ; l'intensité sonore est 10 fois plus considérable qu'avec l'ancien téléphone. On ne pense pas qu'il soit possible de faire mieux. L'auteur cherche actuellement à améliorer les téléphones utilisés pour transmettre la parole. Il se propose de revenir sur cette question ultérieurement.

Explication du fonctionnement du tube à vide (H. Barkhausen, *Jahrbuch d. drahtl. Telegr.* : décembre 1921). — Suite des « Règlements de service » rédigés pour l'Établissement des torpilleurs de Kiel, et dont la première et la 2e partie ont été publiées antérieurement. Cette troisième partie traite de l'amplification des courants alternatifs faibles et, en particulier, de l'influence du courant de grille. L'auteur envisage : la valeur du courant de grille dans le cas des vides très ou peu poussés ; le rôle de ce courant dans l'un et l'autre cas ; l'effet du circuit de plaque sur le courant de grille ; enfin la concordance entre les résultats expérimentaux et les résultats théoriques. Un dernier chapitre traite de la constance de la tension de grille qui se produit avec une forte résistance dans le circuit de grille dans le cas de vides très ou peu poussés, et enfin les conditions de bon fonctionnement.

L'auteur résume ainsi son étude : 1° Le courant de grille est composé d'un courant positif dû aux électrons et d'un courant négatif dû aux ions gazeux. Ce dernier n'est sensible qu'en cas de vide imparfait. 2° En conséquence, le tube agit par rapport au courant alternatif de grille comme une résistance positive due aux électrons ; parallèlement à celle-ci, il se produit une résistance négative due au courant ionique. La première produit un certain amortissement et la seconde tend à réduire cet amortissement ; l'effet résultant est d'autant plus prononcé que les deux effets sont plus faibles. 3° *La résistance positive* devient rapidement très grande dans le cas d'une tension de grille constante fortement négative ; pratiquement, le tube est alors inutilisable. La tension constante nécessaire dépend de la construction du tube et du voltage de plaque, mais elle est normalement d'un volt environ. Avec une tension de grille plus faible, la résistance réelle de grille et l'amplification diminuent considérablement ; de même la tendance à l'auto-excitation. 4° *La résistance négative* est, pour des conditions de fonctionnement normales, indépendante de la tension constante de grille ; elle décroit (c'est-à-dire que son effet s'accentue) dans le cas de vides peu poussés et de tensions de plaque très élevées. Elle opère comme une rétroaction positive qui diminue l'amortissement et facilite grandement l'auto-excitation. 5° En réglant avec soin la tension de grille, on peut éviter plus ou moins l'effet de la résistance négative. 6° Une forte résistance alternative du circuit de plaque rend inopérante la résistance négative de grille. L'auto-excitation cesse de se produire. 7° Dans le cas de tubes à vide très poussé, une tension constante de grille suffisamment négative peut être obtenue en intercalant dans le circuit une forte résistance ohmique (un condensateur à isolement imparfait par exemple) mais seulement avec un bon isolement. 8° Au contraire, dans le cas d'un tube à vide peu poussé, le point de fonctionnement le plus favorable ne peut être obtenu en intercalant une résistance dans le circuit de grille.

Caractéristiques de transmission des câbles sous-marins (1) (J.-R. Carson et J.-J. Gilbert : *Journal of the*

(1) Compte rendu extrait de la revue : « *Science Abstracts* », n° 292 (1922).

Franklin Inst. : décembre 1921). — Dans leur discussion mathématique de la théorie de la transmission sur les câbles sous-marins, les auteurs s'efforcent de trouver des formules rigoureuses pour les quatre constantes fondamentales : résistance, inductance, capacitance et perditance. Ils commencent par traiter le problème de la propagation des courants alternatifs sur une ligne composée d'un certain nombre de conducteurs cylindriques concentriques groupés, chaque groupe étant séparé du groupe voisin par une gaine isolante, puis ils étudient les divers modes particuliers de propagation du courant sur cette ligne. Comme application de la théorie générale, ils discutent le cas d'un câble sous-marin, en supposant, pour plus de simplicité, que les fils de l'armature sont remplacés par une enveloppe continue. Les résultats montrent que l'armature joue un rôle important dans la transmission, même pour des fréquences relativement basses. Vient ensuite une solution rigoureuse du problème général de la transmission, sur un câble sous-marin dont l'armature est constituée par un faisceau de fils de fer. MM. Carson et Gilbert comparent les résultats ainsi obtenus avec ceux recueillis au cours des expériences faites sur les câbles Seattle-Sitka et Victoria-Vancouver ; il y a concordance presque parfaite entre les résultats théoriques et les résultats expérimentaux, même pour les hautes fréquences des courants porteurs. Outre qu'elle donne des formules rigoureuses pour calculer la résistance et l'inductance des câbles sous-marins, la méthode conduit aux conclusions suivantes :

1° La résistance de la mer, quand celle-ci est utilisée comme fil de retour, est loin d'être négligeable même pour des fréquences peu élevées ; son effet sur la transmission est considérable.

2° La résistance et l'inductance du câble sous-marin dépendent pour beaucoup de la disposition géométrique et des propriétés électriques des fils de l'armature.

3° Dans le cas de hautes fréquences, la résistance du conducteur de retour peut être sensiblement réduite en munissant le câble d'une mince enveloppe métallique en contact électrique avec les fils de l'armature.



Influence de l'état atmosphérique sur les ondes électriques (*Jahrb. drahtl. Telegr. :* janvier 1922). — Des observations méthodiques ont été faites près de Strasbourg en 1916 et 1917, en vue de découvrir l'influence exercée par les conditions atmosphériques sur les erreurs de direction en T. S. F. et sur l'intensité des signaux reçus. Elles ont donné les résultats suivants :

De jour, les erreurs de direction étaient sensiblement nulles ($\pm$ 1°) ; la nuit, par contre, elles ont atteint 30° à différentes reprises. C'est au lever du soleil que les écarts étaient particulièrement prononcés. Les conditions barométriques exercent une influence marquée sur les erreurs de direction et sur l'intensité des signaux à l'arrivée. A l'approche d'une dépression barométrique, les erreurs commencent et l'intensité des signaux faiblit. En été, la formation des nuées orageuses s'accompagne de nombreux parasites. L'influence des vents est manifeste. Les vents de nord et d'est sont plus favorables que les vents de sud et d'ouest. Les tempêtes nocturnes accompagnées de chutes abondantes de pluie ou de neige accasionnent de fortes erreurs de direction. Les tempêtes diurnes, au contraire, sont sans effet appréciable. Les erreurs de direction s'accompagnent invariablement d'un affaiblissement marqué des signaux. L'influence de la lune est très prononcée : le moment où elle se lève et celui où elle se couche peuvent être déterminés simplement en notant le moment où les erreurs commencent à se produire ou cessent, ou encore en notant l'instant où l'intensité des signaux commence à varier.

L'appareil utilisé au cours des expériences est une variante du radiogoniomètre Bellini-Tosi, qui comprend des circuits d'antenne accordés et un circuit de détecteur apériodique. Les expériences ont porté exclusivement sur des ondes amorties.

Etude des lignes pupinisées (*Zeits. techn. Physik :* pp. 306-310, 1921). — Dans cet article, M. U. Meyer étudie en particulier le rapport qui relie entre eux l'espacement des bobines Pupin et les caractéristiques de transmission de la ligne. Dans la discussion mathématique, la capacité est considérée comme uniformément distribuée tandis que l'inductance est fractionnée. Ceci conduit à une

nouvelle interprétation des résultats obtenus par l'analyse mathématique ordinaire. La valeur de l'inductance pour un affaiblissement minimum n'est pas absolument indépendante de l'espacement, surtout aux fréquences élevées. De plus, il n'existe pas de limite supérieure fixe imposée aux hautes fréquences, mais l'affaiblissement passe par une série de maxima et de minima d'importance variable. L'auteur traite ensuite brièvement le cas de la pupinisation par bobines en dérivation.

Limitation de la transmission par T. S. F. des cotes de bourse de New-York (*Telegr. and Teleph. Age :* juillet 1922). — Un agent de change consulté au sujet de la transmission des cours de bourse par T. S. F. a donné la réponse suivante : « La Compagnie des agents de change surveille la communication des cotes par les moyens habituels et, en aucun cas, elle n'autorisera leur transmission faite tous les jours par T. S. F. Si la Compagnie accordait cette autorisation, on verrait bientôt se transformer en « corbeilles » toutes les boutiques d'épicier aux États-Unis. »

« Nous autorisons des compagnies d'informations bien connues, comme la *Westinghouse Electric et Manufacturing C°* et la *General Electric C°*, à transmettre les cotes deux ou trois fois par jour à la suite d'autres renseignements commerciaux, et je pense que là s'arrêtera l'autorisation accordée par la Compagnie des agents de change. »

La téléphotographie (*E. T. Z :* juin 1922). — Pour la première fois, le 7 juin 1922, une photographie a été transmise par T. S. F. de San Paolo (Italie) au journal « New York World », par l'intermédiaire des stations de Nauen et de Bar-Harbour. C'est une nouvelle application de la méthode de Korn qui utilise les remarquables propriétés du sélénium et qui a été modifiée récemment en vue de rendre possible la photographie à distance par T. S. F.

Procédés mécaniques pour l'arrachage des poteaux. (*Post Office Electrical Engineers' Journal :* juillet 1922). — Les

services du Post Office britannique expérimentent actuellement des dispositifs mécaniques pour l'arrachage des poteaux. Ces procédés sont des plus intéressants à l'heure actuelle, en raison du grand nombre de poteaux à arracher : la mise en service des lignes interurbaines en câbles permet en effet de relever les anciennes lignes en fils nus.

Le Procédé « Kennedy ». — Pour la mise en œuvre de ce procédé, il convient de disposer des objets suivants :

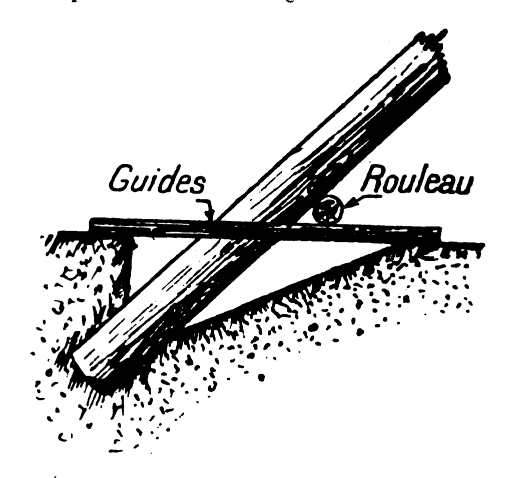
1) un rouleau, pièce de bois cylindrique d'environ 1 m. 50 de long et 0 m. 20 de diamètre ;

2) deux pièces de bois de 1 m. 50 × 0 m. 20 × 0 m. 08, pour servir de guides ;

3) un levier, constitué par une pièce de bois ou une pince en fer, ou une barre à mine ;

4) deux fortes chaînes de 1 m. 80 de long munies d'un anneau à un bout et d'un crochet à l'autre.

Les dimensions ne sont pas rigoureusement fixées ; les chiffres ne sont donnés ici qu'à titre de renseignement.



Pour procéder à l'arrachage d'un poteau, on commence par creuser au pied un trou long et étroit dont le fond forme plan incliné, et qui doit être orienté dans la direction où l'on veut faire tomber le poteau ; ses dimensions dépendent de la nature du sol et de la hauteur du poteau ; mais elles doivent être telles que le poteau,

retenu par les haubans qui lui sont fixés pour la manœuvre, puisse prendre une inclinaison de 45° sur l'horizontale. Les guides sont placés des deux côtés du poteau, parallèlement à l'axe du trou ; le rouleau est posé sur eux en travers. On tire ensuite le poteau au moyen de haubans, jusqu'à ce qu'il vienne s'appuyer sur le rouleau (fig.) ; on passe alors une des chaînes autour du poteau, et on la lui attache en faisant passer le crochet dans un anneau ; l'extrémité libre de la chaîne fait deux tours autour du rouleau, et le levier est fixé dans l'anneau. Pour changer la prise, on emploie la deuxième chaîne que l'on passe autour du poteau, en sens inverse de la première, sans avoir besoin de déplacer celle-ci. On laisse ensuite descendre le poteau en le retenant à l'aide du levier ; on reçoit le poteau sur un chariot pour l'emmener.

Résultats obtenus. Ce procédé a permis d'arracher des poteaux de 18 mètres de longueur (main-d'œuvre : 1 h. 1/4 *d'ouvrier*) ; de gros poteaux de 10 m. 80 de long, portant 14 traverses à 4 consoles, ont pu être arrachés sans qu'aucun des isolateurs ait été brisé.

Quand des obstacles se présentent, on peut commencer par déplacer le poteau latéralement avant de le faire basculer.

L'emploi du cric « simplex ». — Le cric « simplex » a déjà été décrit dans les *Annales* (1). En France, son emploi a été recommandé aux services à la suite d'un avis du Comité technique de l'administration française des Postes et Télégraphes. Les résultats obtenus en Grande-Bretagne ne sont pas moins favorables que ceux constatés en France : 25 poteaux moyens, d'une hauteur de 8 m. 50 environ, ont pu être arrachés très rapidement (main-d'œuvre totale : 92 heures d'ouvrier).

Aucun entraînement spécial n'est nécessaire pour manœuvrer le cric, et la conclusion des essais effectués en Angleterre est que le cric « simplex » permet de réaliser en peu de temps une économie de main-d'œuvre égale à son prix d'achat.

---

(1) Année 1920 : n° 2, p. 293. Le cric est actuellement vendu par la Société Lidgerwood, rue du Faubourg-Poissonnière, à Paris.



INFORMATIONS ET VARIÉTÉS.

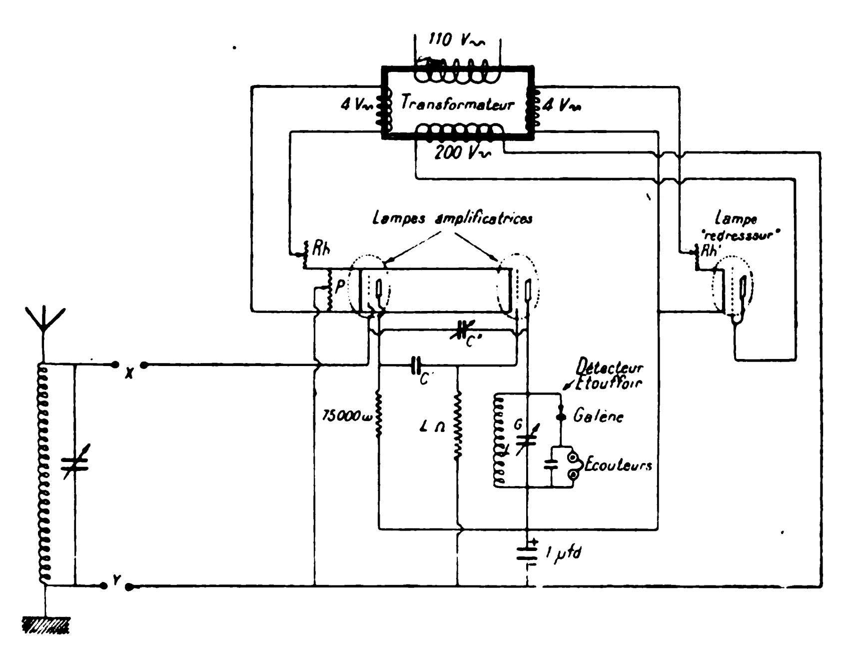
Sur l'usage du courant alternatif dans les postes de réception de T. S. F. — Nous avons eu l'occasion dans deux articles parus aux *Annales* (septembre 1921, p. 936 et mars 1922, p. 525) de faire connaître des montages permettant la réception des signaux radiotélégraphiques sur un poste à lampes n'employant que du courant alternatif. Nous ne reviendrons pas sur ce principe de la méthode antérieurement décrite, mais nous voudrions donner ici un certain nombre d'indications supplémentaires et de perfectionnements de détail suggérés par l'expérience.

Tout d'abord nous indiquerons que l'emploi de l'alternatif s'accommode très bien d'amplification à haute fréquence. C'est ainsi qu'à titre d'exemple nous donnons ici le schéma d'un de nos postes, comprenant deux lampes amplificatrices couplées par le procédé classique de résistances-capacités. Ce schéma peut évidemment s'appliquer à un montage comportant plus de deux étages d'amplification ou encore à un couplage par transformateur, pourvu qu'il s'agisse de *haute fréquence*.

Notre diagramme ne comporte pas, ainsi que nous le disions plus haut, de différences essentielles avec ceux publiés comme déjà indiqué. On notera toutefois quelques modifications qui ne sont pas sans utilité pratique. C'est ainsi que l'enroulement secondaire à haute tension du transformateur débite sous 200 volts environ. En effet, le courant redressé n'arrive aux plaques des lampes amplificatrices qu'après avoir traversé la lampe-soupape de redressement. Celle-ci, par sa résistance intérieure, provoque une chute du potentiel telle, que les lampes amplificatrices ne supportent guère que 100 volts dans les circuits-plaques. Or ce voltage est nécessaire lorsqu'il s'agit d'amplification par résistances.

D'autre part, nous avons branché un potentiomètre P (de 400 à 1.000 ohms de résistance) sur le circuit de chauffage des lampes

amplificatrices. Nous avons alors amené, au point médian de ce potentiomètre, les fils de retour des circuits filaments-grilles. Nous réalisons ainsi un montage connu sous le nom de prise équipotentielle dont l'utilité est de faire disparaître toute vibration dans la note perçue dans les écouteurs. Sans ce retour au point médian (qui peut être pris aussi sur le secondaire de chauffage du transfor-



Circuit de réception fonctionnant sur alternatif.

mateur) les polarités variables des filaments, dues à l'usage même de l'alternatif, amènent une tonalité vibrée assez fâcheuse dans la réception des signaux.

On remarquera encore sur le schéma l'adjonction d'un condensateur variable de très faible capacité (1/10.000 de microfarad au maximum) qui relie la grille de la première lampe à la plaque de la deuxième. On obtient ainsi un effet bien connu de réaction qui permet, tant l'amplification des signaux reçus, que l'audition d'ondes entretenues par l'*accrochage* éventuel d'oscillations au sein de l'appareil lui-même.

Passons maintenant à la pratique de la réception. Nous avons dans ce but institué une série de comparaisons en alimentant successivement notre poste avec des batteries d'accumulateurs de 4 et de 100 volts respectivement, puis avec le courant du secteur à 110 volts et 50 périodes. Disons tout de suite que nous avons obtenu des résultats sensiblement équivalents dans les deux cas, moyennant les quelques précautions que nous allons indiquer.

S'il s'agit d'écouter des ondes amorties ou de la téléphonie sans fil, l'élément important se trouve être la sensibilité du détecteur à galène. Non seulement cette sensibilité dépend de celle du point du cristal utilisé, mais encore ce cristal agit comme une petite capacité en parallèle avec le condensateur principal du circuit-trieur. Il en résulte de notables variations dans l'intensité des signaux reçus lorsque l'on emploie un cristal à surface irrégulièrement sensible. C'est un inconvénient que l'on peut atténuer ou supprimer en employant de bons cristaux ou un détecteur à pyrite de fer comportant une forte pression indéréglable.

Le condensateur de renforcement doit être manié très progressivement pour éviter la production de « hurlements » parasites, mais ceci se produit aussi bien avec l'usage exclusif d'accumulateurs.

Les rhéostats des lampes, tant amplificatrices que de redressement, ne doivent pas être négligés. En principe, ils doivent être manœuvrés tous deux dans le même sens, c'est-à-dire que les chauffages de toutes les lampes doivent être augmentés ou diminués *ensemble*. On passe, assez facilement, par un maximum d'audition avec un réglage convenable de ces rhéostats. Ce réglage dépend des variations du potentiel dans le courant du secteur, variations assez fréquentes et qui atteignent parfois 10 à 15 °/₀. D'où, suivant le cas, un chauffage insuffisant ou exagéré des lampes du poste.

La réception des émissions entretenues est, contrairement à ce que l'on pourrait croire, relativement aisée en utilisant l'alternatif. Si on reçoit avec un hétérodyne séparé, alimenté bien entendu avec de l'alternatif (*Annales*, mars 1922, p. 525) les signaux viennent avec une pureté parfaite et sans la moindre distorsion. On constate alors que la sensibilité du cristal détecteur joue un rôle beaucoup moindre que pour l'audition d'ondes amorties. En fait, les émissions

entretenues viennent presque toujours très bien, quel que soit le cristal employé. Cela est dû à ce que la majeure partie de l'énergie utilisée provient de l'hétérodyne lui-même, appareil normalement très stable. Parfois cependant, il convient d'agir sur les rhéostats de chauffage de l'hétérodyne lorsque la tension du secteur varie trop, ainsi que nous le disions plus haut.

On peut se passer d'hétérodyne et recevoir les émissions entretenues en couplant suffisamment les lampes du poste principal au moyen du petit condensateur antérieurement indiqué. Nous ne décrirons pas ce procédé connu de tous ceux qui s'occupent de T. S. F., mais nous indiquerons que lorsque le poste est alimenté par de l'alternatif, l'*accrochage* est moins aisé qu'avec des accumulateurs. On y arrive pourtant à condition de procéder à un réglage absolument précis du circuit d'antenne, et du circuit trieur, principalement du premier. De plus l'influence du point choisi du cristal détecteur reparaît ici, non pas tant comme sensibilité propre que comme élément de capacité dans le circuit plaque de la dernière lampe. Il faut donc quelques tâtonnements pour réaliser une bonne audition lorsqu'on fait fonctionner le poste autodyne avec de l'alternatif. On sait par ailleurs que ce mode de fonctionnement n'est pas à recommander, le poste autodyne devenant émetteur lui-même et pouvant troubler les voisins. A tous les points de vue, nous préférons donc nettement un hétérodyne séparé.

Quoi qu'il en soit, nous avons pu obtenir, sur le poste reproduit au schéma et avec une antenne mal installée de 50 mètres de longueur, une bonne réception de toutes les grandes stations européennes, y compris Lafayette malgré ses 23.500 mètres de longueur d'onde. Nous répéterons donc que l'alternatif nous a donné autant d'intensité et de netteté d'audition que les accumulateurs, avec d'évidents avantages d'économie et de facilité d'entretien.

Marcel Moye, Professeur à l'Université de Montpellier.

Développement du réseau allemand de câbles téléphoniques à longue distance (1). — Le réseau souterrain de

(1) Rapport lu par M. Dohmen au Congrès des physiciens allemands (Iéna, 1921).

Rhénanie, dont la construction est très avancée, permettra, dès l'année prochaine, de desservir télégraphiquement et téléphoniquement toutes les villes importantes de cette grande région industrielle. L'administration allemande compte en construisant ce réseau contribuer puissamment à la restauration économique de l'Allemagne ce réseau étant un facteur indispensable de cette restauration.

L'administration allemande avait été amenée, bien avant la guerre, à envisager la construction d'un long câble téléphonique souterrain, d'abord entre Berlin et Cologne, le trafic entre ces deux villes étant particulièrement intense. Mais avant tout, il s'agissait de résoudre un certain nombre de problèmes techniques.

La question revenait à poser, entre Berlin et Cologne, un câble dont la constante d'affaiblissement serait peu élevée, de telle sorte que deux abonnés quelconques causant entre ces deux villes aient le bénéfice d'une audition satisfaisante. Pour cela, il fallait non seulement utiliser des conducteurs de fort diamètre pupinisés, mais encore éviter le plus possible les pertes dans le diélectrique du câble. Cette condition nécessitait des études spéciales. Pour accroître le rendement du câble, il fallait en outre recourir aux circuits combinés.

La difficulté fut résolue par le Dr Ebeling qui imagina un nouveau type de bobines qui augmentent l'inductance des circuits combinés sans agir sur les circuits combinants. Il faut encore mentionner les difficultés provenant de la nécessité de supprimer les mélanges apparents de conversation entre circuits combinants et entre combinants et combinés : elles furent résolues grâce à un câblage spécial des différents circuits, qui a pour effet d'équilibrer les phénomènes d'induction mutuelle entre les divers circuits du câble. Toutefois pour réaliser un meilleur équilibre des effets de capacité, on reconnut la nécessité d'associer des condensateurs aux bobines de charge.

Pour franchir les quelque 600 kilomètres qui séparent Cologne de Berlin, on dut recourir à des conducteurs en cuivre de 3 mm., sur lesquels on intercalait, tous les 1700 mètres, des bobines ayant une inductance de l'ordre de 0 H. 15. On obtenait ainsi pour la constante d'affaiblissement, une valeur égale à 2 ($\beta l = 2{,}0$). Sur les circuits plus courts, les conducteurs ont un diamètre de 2 mm.

et les bobines Pupin, intercalées tous les 1700 m. également, ont une inductance de 0 H. 24. La portée de ces circuits plus courts est de 400 kilomètres pour une valeur de βl égale à 2. Restait la question de la pupinisation des circuits combinés ; elle fut résolue peu de temps après. Le nombre des circuits du câble était limité par la nécessité de ne pas dépasser un diamètre total de 80 mm. afin de ne pas rencontrer d'insurmontables difficultés au moment de sa mise en place dans les conduites en ciment dont le diamètre intérieur était de 10 cm. En vue d'éviter des travaux de fouille subséquents, on avait posé entre Berlin et Cologne une conduite en ciment à quatre voies. Le premier câble d'essai, sous plomb, avait un diamètre extérieur de 71 mm. ; il comprenait 28 circuits bifilaires en fil de 2 mm. et 24 circuits bifilaires en fil de 3 mm. Les circuits étaient groupés par paires combinables. Les 52 combinants donnent 26 combinés, soit un total de 78 circuits téléphoniques entre Berlin et Hanovre. Les conducteurs du câble sont isolés l'un de l'autre par un ruban de papier. On a donné à ce modèle de câble le nom de *câble à air sous papier*.

La portion Berlin-Magdebourg, longue de 150 kilomètres, fut mise en service vers la fin de 1912 ; la section Magdebourg-Hanovre était terminée deux ans après (1914) en automne. Pendant la guerre, les travaux furent interrompus par suite de la grande pénurie des matières premières.

Les premières tentatives avaient donné de si bons résultats que l'œuvre ne pouvait rester inachevée. Lors même que les exigences du service d'avant la guerre n'auraient pas imposé la construction en souterrain des lignes téléphoniques appelées à desservir des centres importants, la situation de l'Allemagne à la fin de la guerre en aurait fait une nécessité absolue dans l'intérêt même du commerce. En effet, il s'agissait alors non seulement de donner au commerce un nouvel élan, en mettant à la disposition du monde des affaires un grand nombre de circuits téléphoniques, mais encore d'augmenter les revenus de l'Etat en facilitant les transactions à l'intérieur et avec l'extérieur. L'achèvement du réseau souterrain de câbles téléphoniques était donc absolument nécessaire.

Après avoir écarté de nombreuses difficultés résultant du retour

à l'état de paix, on reprit, au début de 1920, les travaux d'extension, vers le Rhin, du câble téléphonique. La construction du câble subit quelques légères modifications. Afin de pouvoir disposer, en cas de dérangements, d'une ligne de mesures à l'abri des interruptions et aussi pour se procurer des liaisons télégraphiques (circuits téléphoniques appropriés à la télégraphie) on donna pour âme au câble un petit câble sous plomb composé de 7 circuits bifilaires en fil de cuivre de 1 mm. 5. L'âme était entourée de 34 circuits bifilaires en fil de 2 mm. est de 30 circuits bifilaires en fil de 3 mm., enroulés en trois couches concentriques. A titre d'essai, quelques circuits sont en fil d'aluminium ; tous les autres sont en cuivre. Les 10 circuits bifilaires composant la première couche ne sont pas groupés par paires combinables, en raison de ce qu'il n'est pas possible de les prolonger entre Hanovre et Berlin, vu le faible nombre des circuits téléphoniques restant disponibles en ce point. Le nouveau câble comprend donc 71 combinants et 27 combinés, soit au total 98 circuits téléphoniques alors que le premier posé n'en comprenait que 78 (section Berlin-Hanovre). En dépit du nombre plus élevé de circuits, le câble peut conserver son diamètre initial de 80 mm. La section Hanovre-Dortmund est posée. La pupinisation est effectuée dans les mêmes conditions que sur le câble Berlin-Hanovre. Les bobines des circuits combinés, dont l'inductance est égale à 0 H. 08. sont distantes l'une de l'autre de 3 km. 400, exactement comme les bobines des circuits combinants. Le câble a été mis en service sur une partie de son parcours ; prochainement il le sera en totalité.

Les excellents résultats obtenus avec les amplificateurs téléphoniques à lampes avaient obligé à étudier de près la question de savoir dans quelles conditions il convenait de les employer pour permettre une diminution du diamètre des conducteurs des câbles et, partant, pour réaliser des économies sensibles. Lorsqu'on choisit le diamètre des fils, il ne faut pas perdre de vue que l'audition doit être aussi bonne à de faibles qu'à de grandes distances. C'est pour cette raison d'ailleurs qu'on a adopté deux calibres de fil différents. Pour réduire les frais de construction et d'entretien. il importe d'intercaler les amplificateurs en un même point sur les circuits, quel que soit le diamètre des conducteurs ; par suite, il

faut choisir le plus petit diamètre de telle sorte que l'affaiblissement spécifique soit un multiple entier de celui des conducteurs de fort calibre. La même remarque s'applique évidemment aux circuits combinés, dont il faut augmenter l'inductance de telle façon que leur affaiblissement spécifique se rapproche le plus possible de celui des circuits combinants. Les calculs prouvent que cette condition est satisfaite économiquement en utilisant des conducteurs en cuivre de 0 mm. 9 et 1 mm. 4 de diamètre. Sans que la fréquence limite s'écarte de la valeur admissible 16.000, on peut porter à 2 kilomètres la distance entre bobines Pupin. Pour les deux catégories de conducteurs, la capacité des combinants doit être au plus égale à 0μF, 036 et, celle des combinés, à 0μF, 061. La constante d'affaiblissement, pour un espacement des bobines qui permette de communiquer dans les deux sens, ne doit pas être supérieure à 1,6 ($\beta l = 1,6$). Cette condition exige une inductance, dans les bobines, de 0 H 1 par kilomètre pour les combinants et de 0 H 04 pour les combinés. En ce cas, l'affaiblissement des conducteurs du câble en fil de 0 mm. 9 est deux fois plus élevé que celui des conducteurs en fil de 1 mm. 4. Sur les premiers, il faut un amplificateur tous les 75 kilomètres ; sur les seconds, un amplificateur tous les 150 kilomètres. Nous ne pouvons pas nous étendre ici sur les avantages économiques que procure cet équipement. Malgré les frais de première installation et d'entretien occasionnés par les amplificateurs, les économies de matériel téléphonique sont telles que, tout compté fait, le système est très avantageux. Aussi a-t-on décidé d'employer exclusivement des fils de faible diamètre sur les deux embranchements Dortmund-Düsseldorf et Dortmund-Cologne. Mais, en même temps, comme le câble de Rhénanie devait s'adapter aux conducteurs toronnés en fil de 2 et 3 millimètres employés jusqu'alors, on dut conditionner le câble autrement. On conserva l'âme formée de 7 circuits bifilaires en fil de 1 mm. 5. La couche qui la recouvre immédiatement comprend 14 circuits bifilaires en fil de 3 mm. toronnés par paires combinables. La deuxième couche est formée de 14 circuits bifilaires en fil de 2 mm. groupés par paires combinables et 28 circuits bifilaires en fil de 1 mm. 4 groupés par paires de paires combinables. On a choisi ce dernier mode de

groupement pour éviter toute perte de place à l'intérieur du câble. La troisième couche se compose de 82 paires de paires combinables en fil de 0 mm. 9. Au total, le câble renferme 145 circuits bifilaires plus 69 combinés, ce qui donne 214 circuits téléphoniques. Malgré le nombre des circuits, le diamètre total du câble ne dépasse pas 80 millimètres. Les sections Dortmund-Düsseldorf et Dortmund-Cologne seront terminées prochainement.

Pour réaliser les extensions futures du réseau de câbles téléphoniques allemand, on a décidé d'utiliser exclusivement des conducteurs de très faible diamètre. Jusqu'alors, pour augmenter la portée de transmission, on s'était efforcé de réduire le plus possible la capacité des lignes ; il n'est plus besoin aujourd'hui d'agir ainsi, grâce aux amplificateurs. Les calculs ont montré qu'en abaissant le diamètre des fils on pouvait, sans rapprocher les bobines de charge intercalées tous les 2 kilomètres, augmenter la capacité kilométrique des lignes doubles, égale à 0μF, 036, que les maisons de construction s'efforçaient de ne jamais dépasser. Avec une fréquence limite de l'ordre de 16.000, la capacité des conducteurs des câbles en fil de 0 mm. 9 peut atteindre 0μF, 035 pour les combinants et 0μF, 060 pour les combinés ; celle des conducteurs en fil de 1 mm. 4 peut atteindre 0μF, 038 pour les combinants et 0μF, 065 pour les combinés. Le câble téléphonique étalon répondant à ces conditions comprend une âme sous plomb renfermant, outre un combiné donné par des combinants en fil de 0 mm. 9, 40 circuits bifilaires en fil de 1 mm. 4 et 56 circuits bifilaires en fil de 0 mm. 9, tous groupés par paires combinables. A ces 98 circuits bifilaires il faut ajouter les 49 combinés, ce qui donne un total de 147 circuits téléphoniques. Avec les anciennes valeurs de la capacité minimum, un tel câble avait obligatoirement un diamètre de 60 mm. 6 ; aujourd'hui, avec l'augmentation de la capacité, son diamètre extérieur ne dépasse pas 54 mm. On peut se faire une idée de l'importance de ces modifications en calculant seulement l'économie de plomb ainsi réalisée ; elle est de 1200 kg. par kilomètre de câble. Elles sont en outre avantageuses en ce sens que les câbles sous plomb seront à l'avenir toujours enterrés. Il en résulte une grosse économie de matériaux, de fer notamment. Dans les régions

à trafic particulièrement intense, on envisage l'emploi d'un autre type de câble à 166 paires ; aux couches précédentes s'ajoute une dernière couche formée de 68 circuits bifilaires en fil de 0 mm. 9 groupés par paires combinables. Les bobines Pupin sont intercalées tous les 2 kilomètres. Sur les conducteurs en fil de 0 mm. 9 les bobines ont une inductance de 0 H 2 pour les combinants et de 0 H 7 pour les combinés ; sur les conducteurs en fil de 1 mm. 4, ces valeurs sont respectivement de 0 H 19 et de 0 H 7. On a essayé en vain d'espacer davantage les bobines, car alors la fréquence limite nécessaire ne pouvait plus être atteinte.

Le câble type dont il s'agit permettra de desservir télégraphiquement et téléphoniquement, l'an prochain, toutes les villes importantes de cette région, qui sont des centres commerciaux de premier ordre. L'administration des télégraphes espère qu'en construisant le réseau de câbles projeté, elle contribuera puissamment à la restauration économique de l'Allemagne, car ce réseau est un facteur indispensable de cette restauration.

Société des Ingénieurs Electriciens Américains (American Institute of Electrical Engineers). — La Société des Ingénieurs Electriciens Américains vient d'élire comme président, pour l'année commençant au 1er août 1922, M. Frank B. Jewett. M. Jewett est un éminent ingénieur téléphoniste dont les Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones ont publié en 1920 une magistrale étude sur les Amplificateurs téléphoniques.

La Société des Ingénieurs Electriciens Américains compte plus de quatorze mille membres.

La T. S. F. et le naufrage de l' « Egypte ». — Un sansfiliste amateur notoire, M. Hesketh, a publié, dans le journal *The Times* (n° du 26 mai 1922), une lettre dont l'importance ne saurait échapper à la veille de la mise en service des stations destinées à propager des renseignements commerciaux ou des productions artistiques, et cela d'autant plus que les autorités sont assaillies de demandes tendant à l'octroi de facilités plus grandes, au seul bénéfice des propriétaires de postes émetteurs (amateurs ou autres). La

nuit du naufrage de l' « Egypte », M. Hesketh avait entendu plusieurs demandes de secours (S. O. S.) lancées par un poste à l'Ouest de l'île de Wight. Mais les brouillages occasionnés par les nombreuses transmissions commerciales l'empêchèrent d'entendre d'autres appels, jusqu'à ce que la station de Niton (Ile de Wight) et celle d'Ushant (Ouessant-T. S. F.) eurent imposé silence aux autres postes, afin de pouvoir rechercher d'où provenait la demande de secours.

Téléphonie automatique. L'intercommunication entre les bureaux d'une grande ville. — Le problème de l'intercommunication entre bureaux téléphoniques automatiques peut recevoir des solutions diverses selon l'intensité du trafic entre ces bureaux. Les dispositifs à adopter pour un bureau ne sont évidemment pas les mêmes si le pourcentage des conversations ne sortant pas de ce bureau est très élevé ou bien si la plupart des conversations demandées sont à destination d'autres bureaux.

M. Mehmed Ferid Emin, ancien élève externe de l'École supérieure des Postes et Télégraphes de Paris, a fait parvenir aux Annales la note suivante sur un procédé qu'il a étudié :

« L'abonné décrochant son écouteur ferme le circuit du relais d'appel, ce qui fait fonctionner le présélecteur de l'abonné pour chercher un sélecteur libre ; alors l'abonné commence à transmettre les chiffres de l'abonné qu'il désire, si cet abonné est relié au même central que l'abonné demandeur. Dans le cas où l'abonné désiré se trouve être raccordé à un autre central que l'abonné demandeur, celui-ci doit d'abord être relié à un circuit de jonction non occupé aboutissant à cet autre central, de là il obtiendra le circuit de l'abonné désiré.

« Au premier temps, les manœuvres que l'abonné demandeur doit faire dans le nouveau système par son poste et par le disque de son appareil sont les mêmes que dans tous les systèmes actuellement en usage.

« Dans le second cas l'abonné après avoir reçu le bruit du réseau fait la manœuvre suivante, qui est le sujet du brevet :

« Le disque sur le poste de l'abonné contient outre les chiffres

ordinaires 1, 2, 3.... 9, 0 un onzième trou de touche marqué de la lettre (J).

« L'abonné après avoir mis son index sur le trou J tourne le disque jusqu'à l'arrêt habituel, ce qui fait monter le premier sélecteur d'abonné à la onzième rangée horizontale, à laquelle les lignes des sélecteurs de jonction sont reliées et le premier sélecteur d'abonné faisant lui-même sa rotation horizontale attrape le premier sélecteur de jonction qui se trouve être libre.

« Une fois que le sélecteur de jonction disponible est relié ainsi à l'abonné, celui-ci peut à présent envoyer le code au central demandé.

« Ce code se compose, suivant les besoins du réseau entier à desservir de 1, 2 ou bien de 3 lettres qui correspondent aux différents centraux. Ces lettres sont marquées sur le disque de l'abonné vis-à-vis des chiffres. Au point de vue du travail des sélecteurs et des chercheurs de jonction, ces lettres remplissent les mêmes rôles que les chiffres successifs d'un numéro d'abonné, seulement avec cette différence essentielle que le connecteur attrapé par ce code peut parcourir sur toutes les jonctions sortant du central du premier abonné demandeur, et entrant au central du second abonné demandé.

« Le connecteur en parcourant sur les extrémités des jonctions « out going » attrapera sans doute la première jonction libre qui se termine comme un présélecteur ordinaire dans l'autre central.

« L'abonné étant ainsi raccordé au central du second abonné peut continuer aux manœuvres des chiffres de l'abonné demandeur.

« Ces manœuvres varient suivant que le central du second abonné est manuel, semi-automatique ou automatique intégral.

« Cette méthode peut être appliquée au système semi-automatique de façon que les pupitres des opératrices doivent aussi être équipés d'une onzième clé et les premiers sélecteurs munis d'une onzième rangée pour atteindre une jonction libre vers un central quelconque, comme il est décrit pour le système entièrement automatique. »

Piles à dépolarisation par l'air. — A la suite de l'article paru dans le numéro de juillet-août 1922 des Annales des P.T.T. sur l'emploi de la pile à dépolarisation par l'air dans les bureaux télé-



graphiques, M. Féry signale que le dispositif qui consisterait à munir la pile au manganèse d'un zinc placé au fond de l'élément est déjà mentionné dans une addition de son brevet.

Le « Post office Electrical Engineers' Journal » et la Société des ingénieurs du Post Office. — Ce journal est l'organe de la Société anglaise des Ingénieurs électriciens du Post Office. Il est publié par les soins d'un Comité de rédaction composé de trois membres désignés par le Bureau de la Société et de trois, quatre, etc... autres membres choisis par les premiers en raison de leurs connaissances techniques particulières.

Le Bureau de la Société est nommé tous les ans par les membres du Département technique, dont l'Ingénieur en chef est président honoraire. Le pays est divisé en plusieurs districts ; dans chaque district, il existe un Groupe de la Société. Les communications sont lues devant le Bureau des Groupes lorsqu'elles offrent un intérêt technique ; les travaux spécialement importants et intéressants sont imprimés et distribués à tous les membres de la Société.

Le « Journal » publie des articles rédigés par des techniciens, spécialistes des questions téléphoniques et télégraphiques. Il est très lu dans les colonies britanniques, en Amérique et en Extrême-Orient.

La Société est ouverte aux membres étrangers qui sont autorisés à y entrer moyennant une souscription annuelle de 2 livres sterling. Cette somme leur donne droit aux ouvrages publiés à part ainsi qu'aux numéros du « Journal » qui paraît en janvier, avril, juillet et octobre.

TRIBUNE DES ABONNÉS.

Question 15. — On parle beaucoup d'appliquer la transmission automatique au Baudot. Quels seraient les avantages de ce mode de transmission ?

Réponse. — Ces avantages sont multiples :

L'apprentissage est presque nul ; le clavier est identique à celui d'une machine à écrire ordinaire et un dactylographe quelconque peut le desservir d'emblée ; pour les non initiés, la possibilité d'agir sans cadence permet, après quelques heures de tâtonnements, de commencer à perforer des télégrammes, c'est-à-dire de faire un travail utile tout en continuant à s'exercer. Au bout de quelques jours, l'opérateur, ainsi affranchi de la cadence, arrive à perforer au moins trois lettres par seconde (vitesse de rotation des balais) et, par suite, à alimenter au plein son secteur ; enfin, après cette première période, il dépasse largement ce nombre de lettres par seconde et prend ainsi de l'avance sur le transmetteur automatique : il dispose alors du temps nécessaire pour porter les indications réglementaires sur les copies, rechercher les télégrammes à rectifier, etc. ; il peut s'arrêter pour déchiffrer posément un mot mal écrit, sans que cet arrêt représente, comme avec la transmission manuelle, une perte de rendement pour la ligne ; bien au contraire, il diminue les chances d'erreurs et, par conséquent, les demandes de rectifications ou les avis de service, qui occupent la ligne en pure perte.

La transmission manuelle est plus fatigante ; le rythme inexorable de la cadence ne convient pas à tous les systèmes nerveux et certains agents contractent des défauts de transmission incoercibles, que l'accrochage intégral des touches ne corrige pas toujours.

Lorsque le régulateur Baudot aura été remplacé par la roue phonique, la transmission automatique permettra de mettre la vitesse des balais en harmonie avec l'état de la ligne : en la diminuant, on

arrivera à tirer parti d'un fil médiocre ; en l'accélérant, si le fil le permet, on pourra faire face à un encombrement qui, dans l'état actuel, se traduit par des retards inévitables.

Dans le cas d'interruption du conducteur, on peut préparer d'avance et collationner les télégrammes en instance et reprendre le travail à plein rendement dès le rétablissement de la communication.

Enfin, la même bande peut servir pour plusieurs transmissions successives, ce qui est particulièrement avantageux, dans le cas de longues circulaires.

En résumé, la transmission automatique au Baudot permet de donner à la ligne le rendement maximum, avec beaucoup moins de fatigue pour les opérateurs.

*
* *

Question 16. — Pourquoi le duplex, très employé dans certains pays, l'est-il aussi peu en France ?

Réponse. — Il y a, à cela, deux raisons :

La première — la principale — est que le développement donné en France au Baudot rend le duplex inutile dans la majorité des cas. En effet, dès que le trafic d'une ligne dépasse la capacité de rendement d'un Hughes, il est préférable d'y installer un double Baudot plutôt qu'un Hughes duplex : on y trouve l'avantage d'un réglage moins délicat et d'un fonctionnement plus robuste ; cela pour des raisons qui seront indiquées plus loin. De même, quand ce double devient insuffisant, on le remplace par un quadruple, au lieu de duplexer le double : au point de vue de l'exploitation, le quadruple permet d'affecter les secteurs suivant les besoins de chaque instant, tandis qu'avec un double duplex, si l'un des extrêmes n'a pas l'emploi intégral de ses deux secteurs et si, au même instant, l'autre est encombré, il ne peut lui céder le secteur qui lui est inutile. Au quadruple, au contraire, le poste encombré peut prendre trois, et même, si l'on veut, quatre secteurs à sa transmission. C'est là un avantage de tout premier ordre.

Le duplex ne s'impose donc que lorsque le trafic dépasse le rendement du nombre maximum de secteurs permis par le conducteur,

c'est-à-dire le triple sur les communications aéro-sous-marines passant par Dieppe et le Havre, le quadruple et le sextuple sur les fils aériens intérieurs.

La seconde raison, sans être rédhibitoire, a cependant une certaine importance : si paradoxal que cela puisse paraître *a priori*, le duplex est d'un fonctionnement moins stable en France que dans certains autres pays. Aux Etats-Unis, par exemple, où le duplex est employé sur une vaste échelle, dès qu'on s'éloigne quelque peu des côtes, l'état hygrométrique de l'air devient peu variable et acquiert, dans la partie centrale, une fixité surprenante : une balance duplex, établie dans ces conditions, ne varie pour ainsi dire pas, sauf dans les cas particuliers. En Angleterre même, l'humidité ambiante présente une certaine stabilité, qui facilite le réglage du duplex. En France, au contraire, sur un fil de quelque longueur, les variations hygrométriques sont beaucoup plus fréquentes et chacune d'elles a une répercussion inévitable sur le duplex.

Ainsi qu'il vient d'être dit, il n'y a pas là un obstacle absolu, mais seulement une particularité curieuse, résultant de notre climat variable. Il est à noter, toutefois, que, de tous les systèmes modernes, le Baudot est certainement celui qui convient le mieux au duplex : le Hughes, par exemple, fonctionne au début de la période variable des courants ; il s'ensuit que toute altération de l'équilibre de la balance, notamment en ce qui concerne la capacité, se traduit presque toujours par un déraillement. La même perturbation peut passer inaperçue au Baudot, car celui-ci n'utilise que *le milieu* des émissions et il y a des chances pour qu'elle soit terminée lorsque le balai arrive sur le contact aiguilleur.

Quoi qu'il en soit, lorsque sera réalisé le projet de câbles aériens ou souterrains, lè duplex pourra trouver en France un emploi qu'il n'a pu avoir jusqu'ici ; on pourra, notamment, mettre en pratique une idée formulée ici même (v. *Annales*, mars 1919, p. 60) : l'établissement d'un système radial de communications, partant de Paris et dont chaque rameau aboutirait à un chef-lieu de département ; le montage en duplex permettrait, dans la majorité des cas d'obtenir un nombre de secteurs notablement supérieur aux besoins du poste terminus ; ceux-ci, à l'aide de retransmetteurs et des *fils départemen-*

taux existants, pourraient être répartis entre les villes principales environnantes, tout en conservant le contact avec leur préfecture, qui se trouveraient ainsi reliées directement à Paris, sans qu'il en coûte rien en fait d'établissement de conducteurs. Mais un tel projet n'est réalisable qu'avec une balance absolument stable, ce qu'on ne peut obtenir avec les fils aériens et le climat français.

BIBLIOGRAPHIE.

Ouvrages divers.

Traité de télégraphie électrique (2e édition), par A. Thomas, Inspecteur général honoraire des Postes et Télégraphes. Librairie Polytechnique Ch. Béranger, 15, rue des Saints-Pères, Paris VIe. 1 vol. grand in-8°, de 1.214 pages et 939 figures. — Prix : 100 francs.

Les nombreux perfectionnements apportés aux méthodes et à l'outillage télégraphiques depuis l'époque de la première édition (1894) ont nécessité une refonte complète de l'ouvrage, mais le plan général est resté le même. L'auteur étudie, tout d'abord, les diverses sources d'électricité employées en télégraphie, puis les appareils proprement dits : à côté de ceux actuellement en usage, tant en France qu'à l'étranger, on y trouve la description de divers systèmes qui, bien que n'étant plus en service, présentent cependant un caractère historique intéressant.

L'établissement des lignes aériennes, souterraines et sous-marines fait l'objet d'un exposé complet, où sont consignés les derniers progrès réalisés au cours de ces dernières années.

La partie théorique est également très importante : elle comprend l'étude des propriétés électriques des lignes, de la propagation des courants le long de celles-ci, des essais électriques, etc ; là encore, l'auteur a conservé, avec raison, l'heureuse méthode de 1891 : afin que l'ouvrage soit à la portée de tous, il n'a pas dédaigné les exposés élémentaires, mais il n'a pas négligé pour cela certaines théories classiques, qui exigent des développements mathématiques. Toutefois, ceux-ci ont été, soit insérés dans des notes, soit imprimés en caractères plus petits que ceux du texte courant, dont ils deviennent ainsi faciles à distinguer : le lecteur qui, pour une cause quelconque, ne s'intéresse qu'aux résultats, peut, sans inconvénients,

sauter ces passages, et ce qui les suit s'enchaîne, sans la moindre lacune, avec ce qui les précède.

L'ouvrage se termine par une partie entièrement nouvelle, par rapport à la première édition : la télégraphie sans fil ; l'auteur y expose, après les lois du mouvement vibratoire harmonique ou sinusoïdal, qui s'appliquent aux oscillations électriques comme aux oscillations lumineuses, la nature des phénomènes mis en jeu, les principes sur lesquels reposent les diverses méthodes de transmission ainsi que les grandes lignes des différents montages de postes.

Cette seconde édition est appelée à rendre de grands services aux professionnels et sera appréciée, comme l'a été la première, de tous ceux qui, à un titre quelconque, s'intéressent à la télégraphie.

Automatic Telephone Systems (volume I), par W. Aitken. — Londres, Benn Brothers, éditeurs ; 1 vol. 282 pages, 211 figures ou schémas : relié : 75 fr.

Préface de l'ouvrage. — La téléphonie automatique est un sujet qui doit être traité à part en raison du nombre élevé des questions de détail et de l'extrême complexité des schémas nécessaires pour expliquer le fonctionnement des divers systèmes.

Autrefois, les schémas étaient fragmentaires, ou bien ils étaient reproduits à une échelle si petite qu'ils devenaient indéchiffrables lorsqu'on les incorporait à un ouvrage de format courant. Même lorsqu'on se servait de cartes pliantes, rien n'était fait pour simplifier les croquis ; la plupart du temps, les auteurs se contentaient de réduire les plans des constructeurs. Ces plans sont très clairs pour les initiés ou pour les techniciens, mais ils ne parlent pas aux yeux des étudiants ou des débutants.

Le présent ouvrage a été composé de manière à rendre ce sujet complexe très intelligible pour tous ceux qui ont des connaissances élémentaires en électricité ; dans ce but, on a évité de décomposer les schémas en plusieurs fragments, on a revu les diagrammes des connexions, on y a supprimé les chevauchements de lignes ; enfin, on a simplifié la forme des dessins ; on les a divisés en sections lorsque la chose était inévitable, mais les sections peuvent être

raccordées de manière à donner une idée d'ensemble très claire du système tout entier.

On est arrivé à ce résultat en donnant à un circuit le même numéro de bout en bout, de manière à ce qu'on puisse suivre facilement le chemin parcouru par les courants. Cette méthode, imaginée par l'auteur il y a plusieurs années déjà, a été adoptée pour les brevets ; c'est sans doute la première fois qu'on l'applique aux illustrations d'un ouvrage. Cette façon de faire a reçu le nom de *bus-routing*, parce qu'on l'emploie sur les plans de Londres pour indiquer au public l'itinéraire suivi par les omnibus entre leurs points terminus. Ce système facilite et rend beaucoup plus claires les descriptions. Les circuits sont numérotés dans l'ordre où ils fonctionnent ; l'initié peut ainsi lire les croquis en ne recourant au texte qu'exceptionnellement. L'étudiant suivra le texte, comprendra la raison des particularités qui caractérisent les divers circuits et les divers organes, et se rendra parfaitement compte de leur rôle propre.

Cette méthode rend inutile la représentation des connexions d'un circuit pris isolément. Lorsqu'on opère différemment, il est impossible de se rendre compte de l'importance relative d'une partie de l'installation ; c'est un peu comme lorsqu'on cite un passage d'un ouvrage ; on ne saisit pas bien la pensée de l'auteur parce que l'extrait est isolé du contexte.

Le format donné au présent ouvrage permet d'y incorporer des schémas reproduits à une échelle relativement grande ; ils y gagnent ainsi en clarté. On s'est servi le moins possible de feuilles pliantes. Lorsqu'un schéma est très étendu, il a été divisé en sections chaque fois que la chose a été reconnue possible et pratique. Les coupures portent un numéro qui permet de se reporter à la suite ; le lecteur ne cesse pas d'avoir une idée d'ensemble du schéma fractionné. Lorsqu'un schéma ne peut être divisé sans nuire à sa compréhension, on a eu recours à des feuilles qui se plient dans un seul sens.

Dans plusieurs cas, les contacts des relais ont été représentés assez loin du bobinage, mais ils sont toujours placés en regard des noyaux ou du centre de l'enroulement. On évite ainsi des croise-



ments de lignes qui souvent font paraître les schémas plus compliqués qu'ils ne le sont en réalité. Une courte ligne double ou un trait simple appuyé (trait plein) représente toujours le ressort mobile qui se rapproche de l'électro lorsqu'il est excité. Le ressort mobile quitte alors un contact arrière pour appuyer sur un contact avant et toujours ainsi. Les relais à retardement, dont le noyau est revêtu d'une chemise de cuivre, sont représentés la partie inférieure du noyau ombragée.

L'ouvrage traite de toute la téléphonie automatique ; pour atteindre le but poursuivi, l'auteur a eu recours à des méthodes condensées. Il a décrit les principaux circuits et les montages des divers systèmes. De nombreuses figures complètent les descriptions. Evidemment, on a laissé de côté les organes communs aux divers systèmes ; mais on a choisi des exemples types se rapportant à chacun d'eux ; tel organe important de tel système est décrit en détail; tel autre organe d'un autre système l'est également.

On trouvera dans l'ouvrage des détails intéressants sur certains systèmes moins connus que d'autres, mais qui sont assez riches de promesses pour qu'on puisse songer à les employer tôt ou tard pour assurer un service public. La description de ces systèmes est d'une incontestable utilité pour l'inventeur ou l'étudiant qui désirent avoir une idée d'ensemble des principes de l'automatique.

L'auteur a décrit les dispositifs (préconisés par des inventeurs et des constructeurs bien connus), qui comblent certaines lacunes, mais qui ne sont pas encore utilisés sur les installations destinées à assurer un service public.

Enfin, après avoir décrit les divers systèmes très connus, l'auteur s'efforce d'indiquer l'extension future que la téléphonie automatique est susceptible de prendre.

L'auteur s'est fort bien rendu compte que l'automatique est en train d'évoluer. Aujourd'hui, sa situation est instable et il faut compter qu'une complète unification ne pourra se faire avant plusieurs années. La « Western Electric C° » prétend que le « Panel System » est le seul type capable d'assurer le service chargé des grandes villes. D'autres inventeurs relèveront peut-être ce défi ; d'autre part, une lutte s'est engagée autour des tableaux commuta-

teurs importants et coûteux qu'on oppose aux petits commutateurs, avec ou sans câblage spécial.

La téléphonie a déjà franchi deux étapes ; elle est engagée sur la troisième. Nous voulons parler des systèmes manuels à batterie locale et à batterie centrale, enfin de l'automatique qui supprime la main-d'œuvre, sauf pour certains services spéciaux qui nécessitent l'intervention d'une opératrice. L'invention des tableaux à 100 et 200 lignes constitue la première partie de la troisième étape ; c'est le système téléphonique décimal. La deuxième partie se rapporte au système non décimal (tableaux commutateurs desservant 1.000 lignes d'abonnés).

En raison des changements incessants et des progrès réalisés de jour en jour, il a été reconnu nécessaire de composer un ouvrage vraiment « dernier cri » : en supprimant toutes les questions surannées ; en donnant aux appareils démodés la place relative qui leur revient dans l'ensemble de la technique automatique ; enfin, de manière à permettre des additions éventuelles au fur et à mesure des perfectionnements. Au lieu d'être divisé en *chapitres*, l'ouvrage est divisé en sections. Une section est une simple division, comprenant une ou plusieurs pages, et donnant la description d'un organe déterminé ou d'un système tout entier. Le texte d'une division pourra être remplacé facilement par un texte nouveau, si l'ancien a perdu toute valeur ou doit être supprimé.

L'auteur se fait un devoir de remercier tous ceux qui ont facilité sa tâche ; en particulier, Sir W. Slingo et Sir W. Noble tous deux anciens ingénieurs en chef du Post office anglais; les ingénieurs des compagnies suivantes : Western Electric C°, Automatic Electric C°, Automatic Telephone Mfg C°, Siemens Brothers and C°, Relay Automatic Telephone C°, Coventry Automatic Telephones Ltd, et de nombreux amis personnels.

*
* *

L'ouvrage présenté par M. William Aitken se divise en trois grandes parties, où sont successivement décrits tous les systèmes automatiques utilisés à l'heure actuelle.

1re partie. — *Système Strowger.* La base du système est un com-



mutateur vertical et rotatif d'une capacité de 100 lignes réparties entre 10 réglettes de 10 lignes chacune.

Les compagnies indiquées ci-dessous utilisent un système basé sur le système Strowger :

Automatic Electric C°, Chicago (États-Unis) ;

Automatic Telephone Mfg C° Ltd, Liverpool (Angleterre) ;

Siemens Brothers et C°, Ltd, Woolwich (Angleterre) ;

Siemens et Halske, Berlin (Allemagne) ;

Cie française Thomson-Houston, Paris ;

North Electric Mfg C°, États-Unis ;

Coventry Automatic Telephones, Ltd, Londres.

2e partie. — *Systèmes automatiques à moteur sans cesse en mouvement.* Ils sont classés en trois catégories :

1° le système canadien Lorimer, le premier du genre, mais qui est plus connu comme partie du système suivant ;

2° le système rotatif de la Western Electric C°, qui utilise des commutateurs de 200 lignes, groupées par 20 sur 10 réglettes, parcourues par 10 jeux de balais, un jeu étant engagé lorsqu'une ligne est appelée ;

3° le système à panneau (Panel System) de la Western Electric C°, dont les commutateurs desservent chacun 500 lignes. Chaque banc renferme 100 paires de contacts de ligne dans le sens de la hauteur et 30 paires dans le sens de la largeur de sorte que 30 chercheurs sur chaque face suffisent pour établir la communication. Il existe une paire de balais par chercheur et par banc ; elle est fixée à un arbre vertical ; une paire de balais entre en jeu lorsqu'on demande un numéro.

Les deux systèmes de la Western Electric C° peuvent fonctionner sur une base décimale ou non décimale.

3e partie. — *Systèmes à relais.* L'établissement d'une communication est assurée de bout en bout par des relais. La méthode de raccordement rappelle celle du système à cordons à double fiche (système manuel).

Les compagnies suivantes utilisent ce système :

Nya Aktiebolaget Autotelefon Betulander, Stockholm ;

The Relay Automatic Telephone C° Ltd, Londres.

Le système automatique anglais est basé sur le système Betulander.

La France postale espérantiste, organe trimestriel de l'Association espérantiste du personnel des Postes et Télégraphes de France et des Colonies. Le prix de l'abonnement est de 3 francs par an. Les abonnements sont reçus sans frais dans tous les bureaux de poste, compte courant n° 276-73, Paris Chèques postaux.

L'Espace et le Temps, par Emile Borel, directeur honoraire de l'École Normale supérieure, professeur à la Faculté des sciences de Paris, membre de l'Institut, 1 vol. in-16 de la *Nouvelle collection scientifique* (Librairie Félix Alcan, Paris). Prix : 8 francs net.

Pour faire le tour complet des théories d'Einstein, il faudrait parcourir, non seulement les sciences de l'espace et du temps, mais aussi la mécanique et l'électromagnétisme (qui comprend l'optique) ; conformément au titre de ce livre, l'auteur s'est occupé surtout de l'espace et du temps, n'introduisant les considérations mécaniques et électromagnétiques que lorsqu'elles étaient indispensables.

Durée et simultanéité, à propos de la théorie d'Einstein, par Henri Bergson, de l'Académie française, 1 vol. in-16 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine* (Librairie Félix Alcan, Paris). Prix : 8 francs.

L'auteur a voulu déterminer le sens véritable des considérations de temps dans la théorie d'Einstein.

L'analyse à laquelle M. Bergson a soumis la théorie de la Relativité lui a surtout fourni l'occasion d'approfondir davantage la nature du temps. Il a facilité ainsi l'étude d'une question qu'il considère comme le point de convergence des grands problèmes philosophiques.

Diagrams and Complete Information for Telegraph Engineers and Students, par Willis H. Jones. Un vol. de 186 pages, 250 figures ou schémas (éditeur : J.-B. Taltavall, 253 Broadway, New-York).

Cet ouvrage est un *vade mecum* pour techniciens des télégraphes. Le montage, le fonctionnement et le réglage des appareils et installations en usage aux États-Unis y sont décrits en détail ainsi que les appareils de mesures et les méthodes permettant de relever rapidement les dérangements.

L'Électricité moderne, par Carlo Toché, ancien élève de l'École Polytechnique (Ernest Flammarion éditeur). — 4 volumes d'environ 250 pages et 80 figures : prix 12 francs le volume. Tome I. Généralités. — Tome II. Courant continu ; traction électrique. — Tome III. Courant alternatif ; transport et distribution de l'électricité. — Tome IV. Télégraphie et téléphonie sans fil ; télémécanique.

(Les Tomes I et II ont paru ; les Tomes III et IV suivront prochainement.)

Cette série d'ouvrages sur l'électricité s'adresse au public des gens instruits, qui néanmoins ne possèdent pas une culture scientifique assez développée pour leur permettre d'aborder les traités par trop abstraits. L'auteur s'est efforcé de présenter sous une forme claire et simple les notions essentielles que l'on doit connaître pour comprendre les phénomènes et les applications électriques inséparables aujourd'hui de la vie civilisée.

Chaque volume se termine par un court chapitre de calculs élémentaires qui précisent les questions exposées et permettent de traiter les applications courantes.

Tradato elemental de telecomunicacion (tome I) par M. Ramon Miguel y Nieto, professeur à l'École officielle de télégraphie de Madrid, Ingénieur breveté de l'École supérieure d'électricité de Paris (Imprenta de Cleto Vallinas, Luisa Fernanda, 5, Madrid), in-8° de 490 pages, 233 figures.

Le premier fascicule du tome I est consacré aux principes de l'électrotechnique ; le deuxième fascicule, aux mesures électriques (méthodes et appareils), aux lignes aériennes et souterraines, aux câbles télégraphiques et téléphoniques.

Sous forme d'appendice, on trouve à la fin de la première et de

la seconde partie un certain nombre de problèmes pratiques avec leurs solutions.

Deux ouvrages en langue tchèque sur l'appareil Baudot. — Telegrafni pristojbaudotuv par M. Steinbach, Ingénieur au Ministère des Postes et Télégraphes de Prague.

Telegrafni Translace a telegrafni systém duplexovy, par M. Steinbach, Ingénieur au Ministère des Postes et Télégraphes de Prague.

Le premier de ces ouvrages (115 pages et 77 figures) est une Instruction officielle éditée par l'Administration tchécoslovaque sur l'emploi de l'appareil Baudot ; le second (130 pages et 96 figures), consacré à la description des systèmes de translation et de duplexage fait une large place aux installations de système Baudot.

Ces deux excellents ouvrages témoignent du succès que les méthodes de télégraphie française remportent dans les pays étrangers.

L'Algérie. — *La Vie technique et industrielle* vient de publier un numéro spécial consacré à notre colonie méditerranéenne.

Cette importante publication, qui paraît sous le patronage du Gouverneur général de l'Algérie et sous la direction de M. Victor Demontès, chargé de cours au Collège de France, réunit une documentation des plus importantes sur les ressources de l'Algérie, son commerce, ses ports, etc.

Voici le sommaire de ce numéro spécial, qui comporte 115 pages de texte et plus de 100 illustrations.

L'Algérie économique. — Les populations algériennes. — La colonisation. — L'agriculture. — Quelques produits du sol algérien. — Les forêts et les parcs nationaux. — Les irrigations en Algérie. — Les forces hydrauliques. — L'Algérie minière. — Les gisements de pétrole en Algérie. — Le commerce. — Les voies de communications. — Les ports. — Les douanes et l'octroi de mer. — L'Algérie, terre d'élection du grand tourisme.

Prix du numéro : 8 francs. Adresser les commandes à l'Administrateur-Délégué de la *Vie technique, industrielle, agricole et coloniale*, 18, rue Séguier, Paris VI.

La **Telefunken-Zeitung**, revue périodique, étudie tous les progrès radiotechniques récents et principalement ceux du système Telefunken.

Ce bulletin paraît tous les deux à trois mois et peut être considéré comme un des plus importants de son espèce en langue allemande.

Le prix du numéro est de 3 francs pour la France, la Belgique et le Luxembourg.

Pour l'abonnement, s'adresser à la Société luxembourgeoise pour Entreprises électriques, Luxembourg ou à la « Gesellschaft für Drahtlose Telegraphie m. b. H. » Berlin SW. 11, Hallesches Ufer, 12, Telefunkenhaus.

BREVETS D'INVENTION(1)

3e addition au brevet, n° 512.165. — Perfectionnements apportés aux systèmes téléphoniques utilisant des commutateurs à action automécanique. — Société : Le Matériel Téléphonique (Société anonyme). — France.

1re addition au brevet, n° 535.489. — Perfectionnements aux systèmes de radiosignalisation. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

3e addition au brevet, n° 516.484. — Système de signalisation par courants à haute fréquence. — Société : Le Matériel téléphonique (Société anonyme). — France.

1re addition au brevet, n° 536.338. — Limitation de l'amplitude des oscillations dans les récepteurs de T. S. F. — Société française radio-électrique. — France.

2e addition au brevet, n° 536.338. — Limitation de l'amplitude des oscillations dans les récepteurs de T. S. F. — Société française radio-électrique. — France.

1re addition au brevet, n° 535.691. — Paire de bobines de self-induction pour la charge de quatre conducteurs de canalisations téléphoniques, susceptibles d'être montés en duplex. — Société : Felten et Guilleaume Carlswerk A. G. — Allemagne.

1re addition au brevet, n° 508.568. — Poste de radiotéléphonie permettant d'effectuer simultanément l'émission et la réception par la même antenne. — M. Lucien-Louis Jacquot. — France.

539.569. — Perfectionnements aux transmetteurs téléphoniques.— Société : The Telephone Manufacturing Company (1920) Limited.— Angleterre.

539.570. — Perfectionnements aux diaphragmes et analogues pour

(1) Les descriptions (notices et dessins) relatives aux brevets sont en vente à l'Imprimerie Nationale, 87, rue Vieille-du-Temple, Paris (IIIe arrt).



transmetteurs téléphoniques. — Société : The Telephone Manufacturing Company (1920) Limited. — Angleterre.

539.572. — Perfectionnements apportés aux dispositifs électriques de réception ou de translation. — Société : Le Matériel téléphonique (Société anonyme). — France.

539.608. — Dispositifs électriques de commutation. — Société : The Relay Automatic Telephone Company Limited. — Angleterre.

539.613. — Procédé et appareillage pour la transmission des images mobiles à distance. — M. Edward-Gustav SCHULTZ. — France.

Le procédé consiste à former un très mince faisceau de rayons cathodiques, animé d'un mouvement rotatif en spirale, tel que ledit faisceau touche successivement chaque point de l'image à transmettre. Comme les rayons cathodiques sont sensibles à l'influence d'un champ magnétique, il est possible d'imprimer au faisceau un mouvement si rapide qu'il parcourt, en 1/20e de seconde, toute l'étendue de l'image.

Les faisceaux cathodiques dans l'appareil émetteur et dans l'appareil récepteur, qui sont en principe identiques comme construction, sont animés de mouvements absolument synchrones entre eux.

Dans l'appareil émetteur, on utilise surtout l'émission secondaire des électrons, engendrée par le choc des électrons du faisceau, lancés contre une anode recouverte d'une substance photo-électrique, telle que, par exemple, le potassium, le sulfure de thallium, le sélénium, etc... dont l'émission « secondaire » varie selon l'intensité de l'éclairement, grâce à la dislocation des électrons, produite dans cette substance par l'action de la lumière. On obtient ainsi un courant électrique variant avec l'éclairement de chaque point de l'anode touché par le faisceau de rayons cathodiques.

Dans l'appareil récepteur, on utilise l'effet luminescent du faisceau cathodique, en le laissant frapper une anode recouverte de substance fluorescente, telle que, par exemple, les sels d'urane, les sels des métaux alcalins et alcalino-terreux, etc..., et les variations de l'intensité lumineuse sont provoquées par les variations de potentiel de l'anode, obtenues avec le courant électrique venant de l'appareil émetteur.

539.629. — Perfectionnements apportés aux dispositifs de transmission par télégraphie sans fil d'écriture, d'images, etc. — M. Magne Hermond PETERSEN. — Norvège.

540.056. — Perfectionnements apportés aux tubes à vide. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

540.090. — Perfectionnements apportés aux réseaux téléphoniques. — M. Ruber Christopher Miller HASTING. — États-Unis d'Amérique.

540.118. — Perfectionnements aux systèmes téléphoniques automatiques. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

540.177. — Perfectionnements apportés à la construction des tubes à vide à trois électrodes. — Société : Le Matériel téléphonique (Société anonyme). — France.

540.188. — Perfectionnements apportés dans les bureaux centraux téléphoniques du type automatique ou semi-automatique. — Société : Le Matériel téléphonique (Société anonyme). — France.

540.201. — Sélecteur-connecteur combiné. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

540.466. — Standard mixte à batterie centrale. — Société des téléphones Mildé. — France.

540.476. — Transmetteur à billes. — M. Giovanni MINIOTTI. — Italie.

Ce transmetteur a été décrit dans le n° 3 des *Annales*, mai-juin 1922, p. 671.

540.555. — Perfectionnements aux systèmes téléphoniques automatiques à service mixte. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

540.673. — Dispositif de réception pour ondes électriques. — M. Ferdinand SCHNEIDER. — Allemagne.

540.696. — Appareil transmetteur signalisateur. — M. Lucien-Alexandre DECELLE. — France.

540.735. — Perfectionnements aux systèmes téléphoniques à centraux mulptiples. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

540.737. — Perfectionnements aux systèmes téléphoniques automatiques. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

540.739. — Perfectionnements apportés aux installations téléphoniques automatiques à conversations taxées. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

540.745. — Perfectionnements aux systèmes téléphoniques à taxation. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

540.747. — Perfectionnements aux transmetteurs d'impulsions pour systèmes téléphoniques automatiques. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

540.750. — Perfectionnements aux systèmes téléphoniques automatiques. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

540.758. — Perfectionnements dans la production des courants alternatifs. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

540.750. — Perfectionnements apportés à la signalisation à haute fréquence. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

540.762. — Perfectionnements aux systèmes téléphoniques automatiques. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

540.766. — Perfectionnements aux dispositifs à décharge électronique. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

540.772. — Perfectionnements aux systèmes téléphoniques à centraux multiples. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

540.774. — Perfectionnements aux systèmes téléphoniques. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

540.778. — Perfectionnements aux sytèmes téléphoniques automatiques. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

540.782. — Perfectionnements aux systèmes téléphoniques automatiques.— Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston.— France.

540.790. — Perfectionnements aux systèmes téléphoniques automatiques. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

540.803. — Perfectionnements aux systèmes téléphoniques automatiques. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

540.804. — Perfectionnements aux montages utilisés avec les tubes à vide. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

540.805. — Perfectionnements aux systèmes téléphoniques automatiques. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

540.809. — Perfectionnements aux sélecteurs. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. —France.

540.815. — Perfectionnements aux systèmes de signalisation. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

540.817. — Perfectionnements aux systèmes téléphoniques à centraux multiples. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

540.819. — Perfectionnements aux postes radio-récepteurs. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

540.820. — Perfectionnements aux systèmes téléphoniques automatiques. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

540.827. — Renforçateur pour appareil téléphonique à main, type à cornet. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

540.842. — Perfectionnements aux systèmes radio-récepteurs. — compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

Dans certains cas où l'on désire recevoir des signaux par ondes entretenues, par exemple en utilisant l'hétérodyne pour rendre ces signaux audibles, on éprouve des difficultés à régler le système récepteur avec assez d'acuité pour éliminer les effets provoqués dans le récepteur par des stations transmettrices utilisant des longueurs d'ondes voisines, soit plus puissantes, soit plus rapprochées de la station réceptrice que le poste d'où proviennent les signaux qu'on désire recevoir.

On parvient à éliminer les signaux interférents au moyen d'un détecteur oscillateur associé à des « bouchons électriques » convenablement disposés.

540.846. — Chercheur présélecteur relatif double. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

540.862. — Cabine téléphonique. — Société Gygax et Limberger. — Suisse.

541.021. — Dispositif automatique universel pour la lecture au

son et manipulation des signaux Morse. — M. Paul-Joseph WEBER.— France.

541.656. — Perfectionnements aux circuits auxiliaires à deux directions et à service restreint. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

541.091. — Commutateur pour appareil téléphonique. — Compagnie d'appareils électriques et téléphoniques. — France.

541.178. — Système pour la répartition automatique d'appels téléphoniques. — Société : Le Matériel téléphonique. — France.

541.180. — Perfectionnements apportés aux systèmes à signaux sélectifs et appareils correspondants fonctionnant sélectivement. — Société : Le Matériel téléphonique. — France.

541.182. — Système d'appel pour lignes téléphoniques partagées.— Société : Le Matériel téléphonique. — France.

541.183. — Perfectionnements dans les systèmes téléphoniques à commutation automécanique. — Société : Le Matériel téléphonique. — France.

541.202. — Dispositif pour la détermination de la direction d'ondes sonores. — Société : Signal Gesellschaft. — Allemagne.

541.204. — Appareil sonore électromagnétique avec deux bobinages excitateurs. — Société : Signal Gesellschaft. — Allemagne.

541.205. — Dispositif de réglage du coefficient d'accouplement dans les appareils sonores. — Société : Signal Gesellschaft. — Allemagne.

541.208. — Dispositif d'émission et de réception de signes et signaux pour appareils radiotélégraphiques. Société : Dr. ERICH F. HUTH G. : m. b. H. — Allemagne.

541.210. — Nouveau poste téléphonique de grande puissance. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

Lorsqu'on veut constituer un poste téléphonique avec un transmetteur ultra-puissant et un récepteur extra-sensible, la difficulté consiste à éviter le phénomène de Larsen d'abord et le local ensuite.

On a proposé, dans ce but, l'emploi d'un commutateur, manœuvré par la personne qui parle, et l'emploi de montages anti-locaux comprenant des lignes artificielles fixes ou réglables. Aucun de ces dispositifs n'est complètement satisfaisant.

Le nouveau système consiste dans l'utilisation d'un dispositif de commutation automatique coupant la réception pendant que l'on transmet.

Cette fonction est assurée par un électro-aimant, manœuvré directement par une partie du courant microphonique ou indirectement après amplification.

541.211. — Nouveau mode d'utilisation des tubes à vide pour la réception des signaux électriques. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

541.217. — Perfectionnement apporté aux dispositifs producteurs d'oscillations électriques, utilisés dans les systèmes de signalisation. — Société : Le Matériel téléphonique. — France.

541.221. — Dispositif d'enregistrement des communications téléphoniques. — M. Heinrich Junger. — Allemagne.

541.254. — Dispositif pour maintenir constante la hauteur de ton dans les installations d'émetteurs sonores. — Société : Signal Gesellschaft. — Allemagne.

541.331. — Système d'audition sélectif antiparasite efficace par résonateurs successifs, constituant ensemble un récepteur acoustique différentiel en télégraphie sans fil. — MM. Léon-Jean-Baptiste Verdier et Kervork-Georges Papoutchian. — France.

541.404. — Perfectionnements aux appareils transmetteurs pour télégraphie sans fil. — Société : Marconi's Wireless Telegraph Company Limited. — Angleterre.

541.430. — Circuits de raccordement pour centraux automatiques privés. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

541.431. — Perfectionnements aux méthodes de transfert des appels, en téléphonie automatique. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

541.584. — Relais sensible particulièrement applicable à la télégraphie ou la téléphonie sans fil. — Société française Radio-électrique. — France.

Une lame de fer doux est placée devant un électro-aimant, qui peut être un écouteur téléphonique (auquel cas elle tient lieu de la plaque vibrante ordinaire); cette lame, d'une longueur suffisante, présente son extrémité libre à l'action du pôle d'un autre électro-aimant. Quand cet électro-aimant est excité, la lame de fer doux est attirée par le pôle ; dans son mouvement, elle rencontre une lamelle élastique en métal non magnétique, dont la réaction équilibre l'attraction du pôle ; il s'établit ainsi un équilibre assez instable, qui peut être rompu par une influence très légère, d'origine mécanique, magnétique, etc. La lame de fer doux présente en effet une aimantation qui dépend du champ dans lequel elle se trouve et de son hystérésis. Sous l'effet d'une vibration (mécanique ou magnétique) il se produit une variation dans l'aimantation de la lame, et la réaction du ressort sur lequel elle appuie est surmontée par l'attraction qu'exerce le pôle sur la lame magnétique. On peut ainsi fermer un contact.

La mise en vibration de la lame de fer doux peut être obtenue, soit par un choc extérieur, soit par le courant reçu dans l'électro-aimant ou récepteur téléphonique sur lequel elle est montée. Dans ce cas, la sensibilité de l'appareil peut être réglée pour que son action n'ait lieu que lorsque les vibrations reçues dans l'électro téléphonique ont une fréquence bien déterminée ; on constitue ainsi un dispositif récepteur syntonisé, dont l'effet de syntonie vient s'ajouter, dans le cas d'emploi en T. S. F., à celui déjà obtenu par les procédés de réception habituels.

541.635. — Perfectionnements aux systèmes de téléphonie par ondes. — M. Henri Lauer. — France.

541.807. — Installation téléphonique secondaire avec sélecteurs de lignes avec touches, pour le raccordement indépendant de tous les postes entre eux et avec au moins une ligne de bureau central. — Société anonyme Hasler. — Suisse.

541.874. — Support de téléphone. — M. Leser Liebmann Petatnikov. — Danemark.

542 028. — Perfectionnements apportés aux appareils électriques.— Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

542.042. — Appareil directeur radio-télégraphique. — M. Clarence-Curtis Culver. — États-Unis d'Amérique.

542.046. — Perfectionnements au régulateur vertical pour appareil télégraphique Hughes. — M. Louis-Abel Doignon. — France.

542.056. — Perfectionnements apportés aux systèmes électriques de signalisation par ondes porteuses. — Société : Le Matériel téléphonique (Société anonyme). — France.

Table analytique des matières de l'année 1922

Pages

REVUE DES PÉRIODIQUES.

INFORMATIONS ET VARIÉTÉS.

Téléphones.

Service d'Etudes et de Recherches Techniques de l'Administration des Postes et Télégraphes.

Comité technique des Postes et Télégraphes.

TABLE ALPHABÉTIQUE DES NOMS D'AUTEURS

Le Gérant,

LÉON EYROLLES.

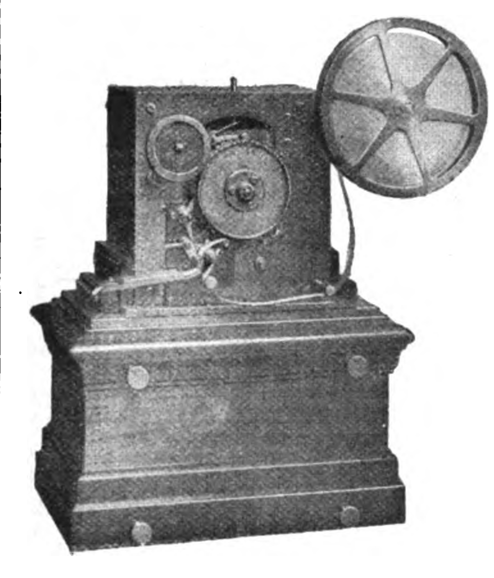
MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS.



J. CARPENTIER

20, rue Delambre. PARIS

APPAREILS TÉLÉGRAPHIQUES Système BAUDOT



Traducteur Baudot.

Imaginé par un Ingénieur français, E. Baudot, étudié dès 1879 et réalisé de toutes pièces sous sa forme définitive par un constructeur français, J. Carpentier, remarquablement mis en œuvre par le personnel des Télégraphes français, le système Baudot n'a cessé de recevoir, depuis son entrée en ligne, les plus utiles perfectionnements.

Desservant presque exclusivement le réseau national il a conquis une bonne part des réseaux européens et achève de se répandre dans le monde entier.

Il répand aux besoins les plus variés et se prête aux combinaisons les plus complexes : Postes doubles, quadruples, sextuples, montage en duplex, translation, retransmission transmission automatique par bandes perforées avec manipulation par clavier alphabétique.

APPAREILS TÉLÉGRAPHIQUES Système MORKRUM

Ces appareils sont dérivés du système Baudot : certains d'entre eux présentent pour les transmissions automatiques des dispositifs très perfectionnés ; d'autres se prêtent à des applications variées : le **TÉLÉTYPE** par exemple est une véritable machine à écrire à distance, s'adaptant aux besoins de correspondance rapide du commerce, de l'industrie, des administrations et des particuliers.



Télétype.

APPAREILS DE MESURES ÉLECTRIQUES INDUSTRIELS ET DE PRECISION. — APPAREILS D'OPTIQUE. APPAREILS DE GÉODÉSIE. — MÉCANIQUE GÉNÉRALE.


ÉCOLE SUPÉRIEURE D'INGÉNIEURS
Téléphone Gob. 47-37. 23-Arcueil
ÉCOLE DE PLEIN EXERCICE
Reconnue par l'État
(DÉCRET DU 5 FÉVRIER 1921)
Externat, Maison de Famille
1.000 Élèves par an
ENSEIGNEMENT PAR Correspondance
L'École chez soi
25.000 Élèves par an
M. LÉON EYROLLES (C. ✱., ✿ I.), Ingénieur-Directeur
383 COURS PROFESSÉS PAR
204 PROFESSEURS SPÉCIALISTES
PRÉPARATION SPÉCIALE
à l'École supérieure des
POSTES ET TÉLÉGRAPHES
section des
RÉDACTEURS ÉLÈVES
au concours pour l'emploi de
RÉDACTEUR
dans les services extérieurs des
Postes, Télégraphes et Téléphones
et au concours pour l'emploi
D'AGENTS MÉCANICIENS
des Télégraphes et
des Téléphones
L'ÉCOLE PUBLIE
les Cours professés
à
L'ÉCOLE SUPÉRIEURE
des
POSTES
et des
TÉLÉGRAPHES
ÉCOLE SPÉCIALE DES TRAVAUX PUBLICS
DU BATIMENT ET DE L'INDUSTRIE
L'École possède le seul Polygone d'application du Génie civil existant en France
ARCUEIL-CACHAN Près Paris
PARIS 3, rue Thénard et 12, rue Du Sommerard
PARIS Télé. Gob. 08-65 27-70
CINQ
Écoles supérieures
D'INGÉNIEURS
École supérieure des Travaux publics
Diplôme d'Ingénieur des Travaux publics
École supérieure du Bâtiment
Diplôme d'Ingénieur-Architecte
Ecole supérieure de Mécanique et d'Electricité
Diplôme d'Ingénieur-Mécanicien et d'Ingénieur-Électricien
Ecole supre de Métallurgie et de Mines
Diplôme d'Ingénieur Métallurgiste et d'Ingénieur des Mines
École supérieure de Topographie
Diplôme d'Ingénieur-Géomètre et d'Ingénieur-Topographe
SECTION ADMINISTRATIVE
Préparation spéciale
aux Concours ouverts par les
grandes Administrations techniques
Envoi gratuit des importantes brochures sur l'enseignement de l'École et de tous renseignements sur le choix d'une Carrière, Programmes et Concours, Résultats obtenus, etc.
Écrire au Directeur de l'Ecole, 3, rue Thénard, PARIS

ANCIENNE MAISON EURIEULT

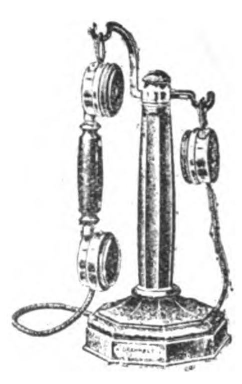
PORCELAINES ET APPAREILLAGES ELECTRIQUES
GRAMMONT

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 5.000.000 DE FRANCS
Siège social : 10, rue d'Uzès. PARIS (IIe).

Services Techniques et commerciaux : 41, rue Cantagrel. PARIS

AGENCE DE PARIS : **60, rue de Bondy.**

Agences à : LILLE — NANCY — NANTES — LYON — LIMOGES — GRENOBLE — BORDEAUX — TOULOUSE — MARSEILLE — ALGER



TOUS POSTES

muraux et mobiles
à batterie centrale et locale,
avec appel par pile ou avec appel magnétique.

TABLEAUX ET CLASSEURS

Boîtes de coupure pour batterie centrale et locale.

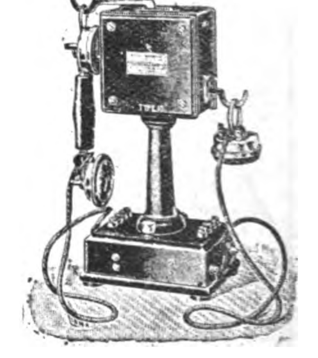
STANDARDS MIXTES
à batterie centrale



MULTIPLES

Postes simplifiés pour Standards.

Microtéléphones él‹ctromagnétiques



Devis sur Demande

CATALOGUE SUR DEMANDE

INDEX DES ANNONCES

AVIS

Les dix premières années des **ANNALES DES POSTES, TELÉGRAPH ET TÉLÉPHONES** sont en vente, chez leur précédent éditeur, M. A. DUMA 6, *rue de la Chaussée d'Antin*, PARIS (9e), au prix de **14 francs** l'ann complète. Certains numéros étant épuisés, le prix de l'année correspo dante sera réduit proportionnellement au nombre des volumes manquant

BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

Les ouvrages ci-après, publiés par la Bibliothèque des *Annales* sont en vente chez les éditeurs indiqués pour chacun d'eux.

Chez Gauthier-Villars, 55, quai des Grands-Augustins, Paris (6e).

Pratique Radiotélégraphique (*Radiotelegraphisches Praktikum*, par Rein); traduit de l'allemand par Viard, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1913). — 1 vol. Prix : 18 francs.

La télégraphie en Amérique (*American Telegraph Practice*, par Donald Mc. Nicol); traduit de l'anglais par Picault et Viard, Ingénieurs des Postes et Télégraphes (1917). — 1 vol. Prix : 22 francs.

La télégraphie et la téléphonie simultanées et la téléphonie multiple (*Das gleichzeitige Telegraphieren und Fernsprechen und das mehrfache Fernsprechen*, par K. Berger); traduit de l'allemand par Le Normand, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1913). — 1 vol. Prix : 9 francs.

La téléphonie automatique, par Milon, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes (1914). — 1 vol. Prix : 15 francs.

Cours d'électricité théorique (1), par M. Pomey, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes (1914). — 2 vol. Tome I. Prix : 26 francs.

Introduction à la théorie des courants téléphoniques et de la radiotélégraphie, par M. Pomey, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes (1920). — Tome II. Prix : 50 francs.

Analogies mécaniques de l'électricité, par M. Pomey, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes (1921). Prix : 15 francs.

De la propagation du courant télégraphique et téléphonique (*The propagation of the electric currents*, par J.-A. Fleming); traduit de l'anglais par Ravut, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1913). — 1 vol. Prix : 24 francs.

Chez Albin Michel, 22, rue Huygens, Paris (14e).

Traité de téléphonie pratique (extraits de *American Telephone pratice*, par Kempster, B. Miller); traduit de l'anglais (1913). — 1 vol. Prix : 9 francs.

Traité de téléphonie (extraits de *Telephony*, par Abbot); traduit de l'anglais par Gilles, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1913). — 1 vol. Prix : 6 francs.

Chez Baillière et fils, 19, rue Hautefeuille, Paris (6e).

Appareils et installations téléphoniques (1), par Montoriol, Inspecteur des Postes et Télégraphes. — 1 vol. Prix : 40 francs.

Les Systèmes de Télégraphie et Téléphonie, par Montoriol, Inspecteur des Postes et Télégraphes. — 1 vol. Prix : 40 francs.

Chez Béranger, 15, rue des Saints-Pères (6e).

Les câbles télégraphiques et téléphoniques (*Telegraphen und Fernsprechkabel-Anlagen*, par Stille); traduit de l'allemand par Picault, Ingénieur, et Montoriol, Sous-chef de section des Postes et Télégraphes (1914). — 1 vol. in-8°. Prix : 30 francs.

Voir au verso.

(1) Cours professé à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes.

LE PROCHAIN NUMÉRO DES ANNALES PARAITRA EN JANVIER

BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

Les ouvrages ci-après publiés par la Bibliothèque des *Annales* sont en vente à la librairie de l'Enseignement technique, 3, rue Thénard, Paris (5e).

Exploitation postale (1), par FERRIÈRE, Directeur des Postes et Télégraphes (1913). — 2 vol. in-8°. Tome I, 352 pages, prix : 7 fr. 50. Tome II, 480 pages, prix : 7 fr. 50.

Cours élémentaire de télégraphie sans fil, par G. VIARD, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1918). — 1 vol. in-8° de 304 pages, 187 figures. Prix : 12 fr. 50.

La technique télégraphique en France, par MONTORIOL, Inspecteur des Postes et Télégraphes (1916). — 1 vol. in-8° de 240 pages, 113 figures, 21 portraits. Prix : 3 fr. 50.

Cours d'installations téléphoniques (1), par MILON, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes (3e édition, 1918). — 1 vol. in-8° de 363 pages et 206 figures. Prix : 12 fr. 50.

Principes généraux d'exploitation téléphonique (1), par MILON, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes (1921). — 1 vol. in-8° de 150 pages. Prix : 6 francs.

Construction des lignes aériennes (1), par E. PICAULT, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1922). — 1 vol. in-8° de 312 pages et 185 figures. Prix : 12 francs.

Construction des lignes souterraines (1), par E. PICAULT, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1921). — 1 vol. in-8° de 191 pages et 108 figures. Prix : 6 fr. 50.

Cours de comptabilité et droit budgétaire (1), par FERET DU LONGBOIS, Directeur au Ministère des Finances, 1922, 3e édition. — 1 vol. in-8° de 152 pages. Prix : 6 francs.

Manuel de l'ouvrier des lignes aériennes télégraphiques et téléphoniques, 1922, par L. DROUET, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes, 1 vol. in-16 relié, de 254 pages et 155 figures. Prix : 7 fr. 50.

Instruction sur l'installation des bureaux télégraphiques principaux, (1919). — 1 vol in-16 relié de 84 pages et 64 figures. Prix : 6 fr. 50.

Instruction sur l'entretien et le réglage des appareils télégraphiques (1920). — 1 vol. relié in-16 de 154 pages et 39 figures. Prix : 6 fr. 50.

Instruction sur l'installation et l'entretien des postes téléphoniques d'abonnés (1921). — 1 vol. in-16 relié de 64 pages et 22 figures. Prix : 4 fr. 50.

Instruction sur la protection des installations télégraphiques et téléphoniques de l'État contre les courants industriels (1918). — 1 vol. in-16 relié, 142 pages. Prix : 3 francs.

Instruction sur les essais et mesures électriques et le relèvement des dérangements de lignes et de postes (1921). — 1 vol. in-16 relié, 130 pages, 22 figures. Prix : 5 francs.

Instruction sur la construction et l'entretien des lignes aériennes, 1921. — 1 vol. in-16 relié, 346 pages, 100 figures. Prix : 8 francs.

Instruction sur la combinaison des circuits et leur appropriation à la télégraphie et à la téléphonie simultanées (1921) (2e édition). — 1 vol. in-16 relié, 26 pages, 20 figures. Prix : 2 francs.

Conférences de comptabilité industrielle et commerciale (1921) par G. VALENSI, Ingénieur des Postes et Télégraphes (2). — 1 vol. in-8° 276 pages. Prix : 12 francs.

Cours de machines (Machines thermiques. Automobilisme) (1920), par SAUVAGE, Inspecteur général des Mines (1). — 1 vol. in-8°, 208 pages, 79 figures. Prix : 8 francs.

Compléments de mathématiques (1922), par B. COLLIN, Agrégé de l'Université (1). — Une brochure in-8° de 84 pages. Prix : 3 francs.

La poste militaire en France (Campagne 1914-1919), par A. MARTY, Inspecteur général des Postes et Télégraphes. — 1 vol. in-8°, 140 pages. Prix : 7 francs.

---

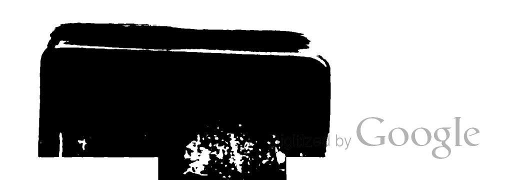
(1) Cours professé à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes.
(2) Conférences faites à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes.

VOIR AU RECTO.

LE PROCHAIN NUMÉRO DES ANNALES PARAITRA EN JANVIER

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS.


UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 07375 8743


Digitized by Google

